

## Resum

El present document és la memòria del treball de final de grau amb títol *Disseny d'una bicicleta elèctrica de cicloturisme. Part mecànica*. Tal i com indica el seu nom, el principal objectiu a assolir és el de fer el disseny mecànic d'una bicicleta amb un ús orientat al turisme de bicicleta, que es complementa amb l'altre treball que s'ha encarregat del disseny de la part elèctrica de la bicicleta.

Aquest disseny consta de diverses parts que s'han anat encadenant: primerament es defineixen les característiques geomètriques a partir de les característiques físiques de l'autor, de la posició correcta recomanada durant la conducció i d'algunes característiques estàndards de la bicicleta.

Es fa un estudi dels diferents materials que poden servir per a la fabricació del quadre i, una vegada se'n selecciona un mitjançant una anàlisi comparativa ponderada se'n defineixen els mètodes de fabricació. Aquest disseny va seguit per una anàlisi estructural mitjançant el mètode dels element finits que permet justificar numèricament el bon comportament mecànic del quadre dissenyat una vegada se li apliquen esforços que podria rebre durant el seu ús.

I per últim, la selecció de la resta de components que formen part de la bicicleta, sense entrar en el disseny d'aquests de forma individual sinó que s'aprofiten les existències del mercat.

Com a resultat dels plantejament esmentats s'ha aconseguit fer un disseny complet, justificat i avaluat de totes les parts que formen part de la màquina en qüestió. A més, es complementa amb un estudi econòmic que avalua els costos del primer prototip i un estudi d'impacte ambiental que permet identificar i corregir els efectes negatius i potenciar els positius que té el disseny del prototip i el desenvolupament de l'activitat en el seu entorn tant biològic, físic i socioeconòmic.

Per últim, remarcar que es valora positivament l'assoliment dels objectius plantejats inicialment, el compliment de les especificacions i el resultat del treball.



# Sumari

<b>RESUM</b>	<b>1</b>
<b>SUMARI</b>	<b>3</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>7</b>
1.1. Requeriments previs .....	7
1.2. Origen del projecte i motivacions .....	7
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>9</b>
2.1. Objecte del projecte .....	9
2.2. Abast del projecte .....	9
<b>3. HISTORIA</b>	<b>11</b>
3.1. Bicicleta de cicloturisme .....	11
3.2. Bicicleta elèctrica.....	12
<b>4. ESTAT DE L'ART</b>	<b>15</b>
<b>5. ESPECIFICACIONS</b>	<b>18</b>
<b>6. GEOMETRIA DEL QUADRE</b>	<b>19</b>
6.1. Introducció.....	19
6.2. Paràmetres de la geometria.....	20
6.2.1. Longitud del quadre horitzontal [A] .....	20
6.2.2. Distància entre els eixos posteriors [B] .....	21
6.2.3. Distància entre els eixos davanters [C].....	21
6.2.4. Distància entre els eixos [D] .....	21
6.2.5. Alçada del pedalier [E] .....	21
6.2.6. Avançament de la forquilla [F] .....	21
6.2.7. Longitud del quadre vertical [Fs].....	22
6.2.8. Angle de direcció [a] .....	22
6.2.9. Angle del seient [b] .....	22
6.2.10. Altres paràmetres .....	22
6.3. Càlcul geomètric.....	23
6.3.1. Característiques antropomètriques del ciclista .....	23
6.3.2. Punts de contacte ciclista-bicicleta .....	25
6.3.3. Mesures de la bicicleta .....	26
<b>7. MATERIAL</b>	<b>28</b>

7.1.	Introducció .....	28
7.2.	Propietats dels materials .....	28
7.3.	Característiques dels materials .....	29
7.3.1.	Alumini .....	30
7.3.2.	Acer .....	31
7.3.3.	Titani .....	34
7.3.4.	Fibra de carboni .....	35
7.4.	Resum de materials .....	35
7.5.	Selecció del material .....	36
<b>8.</b>	<b>DISSENY DEL QUADRE .....</b>	<b>40</b>
8.1.	Introducció .....	40
8.2.	Procés de fabricació .....	40
8.3.	Selecció de les parts del quadre .....	42
8.4.	Soldadura .....	44
8.5.	Pintura .....	46
8.6.	Anàlisi estructural .....	46
8.6.1.	Assaig de torsió .....	46
8.6.2.	Assaig de flexió .....	48
8.6.3.	Anàlisi 5g .....	49
8.6.4.	Estudi dels punts de soldadura .....	53
8.6.5.	Conclusions .....	53
<b>9.</b>	<b>DEFINICIÓ I SELECCIÓ DE COMPONENTS .....</b>	<b>55</b>
9.1.	Introducció .....	55
9.2.	Components mecànics .....	56
9.2.1.	Forquilla .....	56
9.2.2.	Potència .....	57
9.2.3.	Manillar .....	58
9.2.4.	Rodes .....	59
9.2.5.	Transmissió i elements associats .....	61
9.2.6.	Frens .....	66
9.2.7.	Manetes .....	68
9.2.8.	Selló .....	69
9.2.9.	Portaequipatges .....	70
9.2.10.	Accessoris .....	73
9.3.	Components elèctrics .....	74
9.3.1.	Motor .....	74
9.3.2.	Bateria .....	75

9.3.3. Visualitzador .....	78
9.3.4. Controlador .....	78
9.3.5. Sensor de parell.....	79
9.3.6. Accessoris .....	80
9.4. Resum de components .....	83
<b>10. PRESSUPOST .....</b>	<b>84</b>
<b>11. IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>86</b>
11.1. Introducció.....	86
11.2. Descripció del medi.....	87
11.2.1. Flora i fauna.....	87
11.2.2. Situació geogràfica .....	87
11.3. Descripció de l'activitat.....	87
11.4. Identificació dels impactes .....	87
11.4.1. Sobre el medi biològic.....	87
11.4.2. Sobre el medi físic .....	88
11.4.3. Sobre el medi socioeconòmic.....	88
11.5. Valoració i mesures correctores dels impactes .....	88
11.5.1. Disseny i construcció .....	88
11.5.2. Ús .....	89
11.6. Conclusions.....	90
<b>12. NORMATIVA .....</b>	<b>91</b>
<b>13. PLANIFICACIÓ .....</b>	<b>92</b>
<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>93</b>
<b>AGRAÏMENTS .....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>96</b>
Bibliografia complementària .....	96



# 1. Prefaci

## 1.1. Requeriments previs

És comú trobar-se amb treballs de final de grau o projectes finals de carrera en l'àmbit de l'enginyeria industrial relacionats amb els vehicles. Aquesta temàtica però, darrerament ha patit una evolució complementant-los amb la propulsió elèctrica.

Aquest fet no és casual sinó que respon a la tendència de la tecnologia i model energètic en general a evolucionar cap a una reducció de l'ús dels combustibles fòssils, reminiscència d'un temps passat i un model caduc, com a eix de desenvolupament.

Tot i que aquests petits canvis -ja comencen a aparèixer casos de vehicles elèctrics competitius- no serà fins que canvie el model de producció a nivell global que aquests dispositius generaran un impacte no tan negatiu en termes mediambientals com ho fan els actuals.

## 1.2. Origen del projecte i motivacions

La idea de dissenyar una bicicleta elèctrica en l'àmbit del cicloturisme va sorgir a partir d'observar el mercat d'aquest tipus de vehicles i resultar-ne inexistent: existeixen bicicletes elèctriques urbanes, plegables, de muntanya, etc. i existeixen bicicletes de cicloturisme, però no es contempla al mercat la possibilitat de practicar el turisme de bicicleta amb l'ajuda d'una propulsió elèctrica, cosa que va despertar la curiositat dels autors i va propiciar-ne la proposta d'un disseny.

A més, aquesta possibilitat aconseguia complementar molt satisfactòriament dos aspectes interessants per a l'autor: posar en pràctica gran part dels coneixements i habilitats adquirides durant aquests últims més de quatre anys mitjançant una afició com és el ciclisme.

Així, s'espera que aquest treball sigui un petit granet d'arena a construir aquest model de desenvolupament sostenible al que aspirem i que és el que aporta motivació i esperança en l'enginyeria.





## 2. Introducció

Amb aquest treball es pretén abordar el disseny d'una bicicleta elèctrica de cicloturisme. Aquest disseny engloba des del disseny complet i justificat del quadre fins a la selecció de la resta de components que en formaran part.

### 2.1. Objecte del projecte

L'objecte del treball és el disseny de la part mecànica d'un primer prototip d'una bicicleta elèctrica de cicloturisme.

### 2.2. Abast del projecte

L'abast és el que marca el límit que tindrà el desenvolupament del projecte, és a dir, fins on s'arribarà.

Les fites a assolir una vegada finalitzat el període marcat són els següents:

- Disseny de la geometria del quadre d'acord amb les característiques antropomètriques de l'autor del treball. Que es prenen com a mesura estàndard per dissenyar el primer prototip ja que serà qui realitzarà les primeres anàlisis.
- Definició de la composició del quadre i dels mètodes de fabricació necessaris per conformar-lo.
- Avaluació del disseny i corroboració de la seua validesa com a prototip.
- Selecció dels components que formen la bicicleta d'acord amb la funció que haurà de desenvolupar.

Per tant, no entra a l'abast del projecte el disseny de la part elèctrica d'aquest, ni el disseny de cadascun dels components, ni tan sols planificar la producció en massa o posada al mercat d'una empresa que s'encarregue de l'explotació comercial del disseny.



### 3. Historia

La història i antecedents de la bicicleta que es dissenyarà en aquest treball pot enforçar-se des de dos punts de vista: el de la bicicleta elèctrica i el de la de cicloturisme, aspectes coincidents a les dues parts del treball: l'elèctrica i la mecànica, motiu pel qual es presenten amb el mateix contingut a la memòria.

#### 3.1. Bicicleta de cicloturisme

La història del cicloturisme apareix difusa i no és fàcil de concretar, però es considera que l'escocès Kirkpatrick Macmillan, com a inventor de la bicicleta tal i com avui la coneixem, qui va realitzar un trajecte de 109 km entre Keir i Glasgow el juliol de 1842, qui es podria considerar el primer cicloturista de la història.

Les bicicletes van anar evolucionant i l'any 1887 Thomas Stevens aconsegueix una altra gran fita amb una bicicleta de roda alta (la penny-farthing): la primera volta al món en bicicleta. D'aquesta manera es va despertar una febre aventurera entre els ciclistes d'arreu del món. I el 1895, Annie Londonderry es converteix en la primera dona en realitzar-ho.

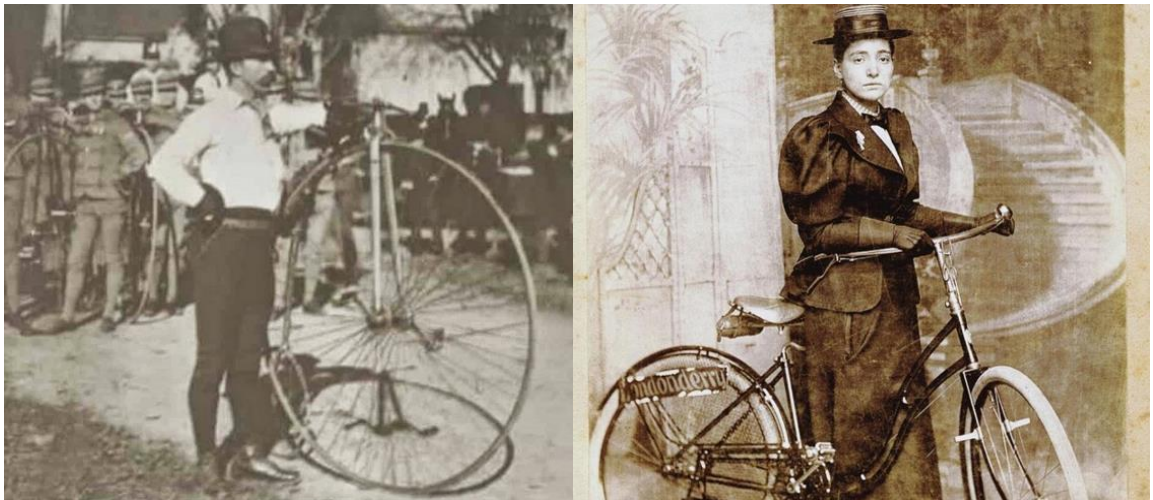


Fig. 3.1. Thomas Stevens i Annie Londonderry i les seues bicicletes

I d'aquesta manera, seguint l'exemple d'aquests pioners en l'ús de la bicicleta per efectuar grans rutes ha anat evolucionant el cicloturisme fins a arribar a la sofisticació i

popularització que té en l'actualitat, una pràctica no competitiva i que està relacionat amb l'ús lúdic de la bicicleta.

## 3.2. Bicicleta elèctrica

La història de la bicicleta elèctrica va fortament lligada al desenvolupament de les bateries. A finals del segle XIX van aparèixer les primers patents estatunidenques. L'evolució de les bateries va anar permetent avançar en aquest camp.

### Finals S.XIX

Al 1959, Gastón Planté va desenvolupar la primera bateria recarregable de plom. Uns anys més tard Bolton Junior, va realitzar la primera bicicleta elèctrica amb motor hub que consumia fins a 100Ah amb una bateria de 10V. Aquesta patent és la primera que va obrir el camí del que avui es coneix com a bici elèctrica.

Al 1897, Hosea Libbey va esbrinar com controlar les bateries d'una bicicleta. Els motors anaven al voltant de l'eix del pedalier i quan recorries una zona plana, funcionava una bateria; en canvi, quan feies una pujada, s'accionava una segona bateria.

### Primera meitat S.XX

Un cop encetat el nou segle, les bicicletes elèctriques van realitzar una ascensió progressiva com a mitjà de transport.

Al 1920, la companyia Henizmann, d'origen alemany, va fabricar el primer motor exclusivament per a una bici elèctrica. Aquest es muntava en una biplaça. A la dècada dels 30, es van començar a construir bateries de 12 volts.

Ja tancant la primera meitat del segle XX, Ben Borden, va realitzar la principal innovació d'aquesta època. La seva patent contenia idees profitoses que es perpetuarien en el temps.

Alguns exemples són les transmissions Cardan, la col·locació de les bateries al quadre o el guiat dels cables per l'interior dels tubs. Però, el que va tenir més èxit va ser la incorporació d'un motor a l'eix de la roda posterior que també faria la funció de dinamo per recuperar la bateria.



Fig. 3.2. Bicicleta de Ben Borden

## Segona meitat S.XX

Per la dècada dels 60, l'empresa Moulton Consultants va patentar un sistema de doble transmissió per corretja. Una primera que venia de l'eix del pedalier, i una segona, que girava gràcies al motor elèctric.

Als anys 70, la Xina va despertar en aquest àmbit i va començar a promoure fermament l'ús d'aquest vehicle net. La moda del ciclomotor havia permès que la bici elèctrica també augmentés en quant a popularitat, però la limitació de velocitat màxima (25 km/h), va fer que tots els esforços foren en va.

Al 1975, el Sr. Kinzel va dissenyar la bici Hybrid que mitjançant l'acoblament d'un petit generador directament als pedals, permetia transformar el gir amb electricitat que alimentava un motor que entregava l'energia necessària a la roda.

A la dècada dels 80, Lucas Industries va fabricar un motor elèctric per al pedalier que anava amb una bateria de 16Ah que donava una autonomia d'uns 6 km amb assistència constant i d'uns 15 amb alternança. Però, a finals d'aquesta dècada va néixer la primera bicicleta elèctrica del mercat. Les innovacions d'Hercules Electra permetien elegir entre un motor de combustió o un motor elèctric.



Fig. 3.3. Bicicleta d'Hercules Electra

A finals del segle XX, el continu desenvolupament a passos agegantats de la tecnologia permetia innovar noves formes i noves idees per incloure en aquests vehicles. Es van desenvolupar sensors de parell i controladors electrònics que van revolucionar el mercat. Degut a això, Yamaha va treure la primera bici amb Pedelec, és a dir, que proporciona assistència segons la força de pedaleig. Les bateries, a més, seguien evolucionant i apareixien les primeres de Ió-Liti.

### **Inici S. XXI**

En aquest segle, la competència era per veure qui fabricava la bici elèctrica més lleugera. Lluitaven per minimitzar els esforços i per optimitzar la rendibilitat dels components. Un cop esbrinat com controlar tots els components i unir-los entre ells, era el moment per treure'n el màxim rendiment.

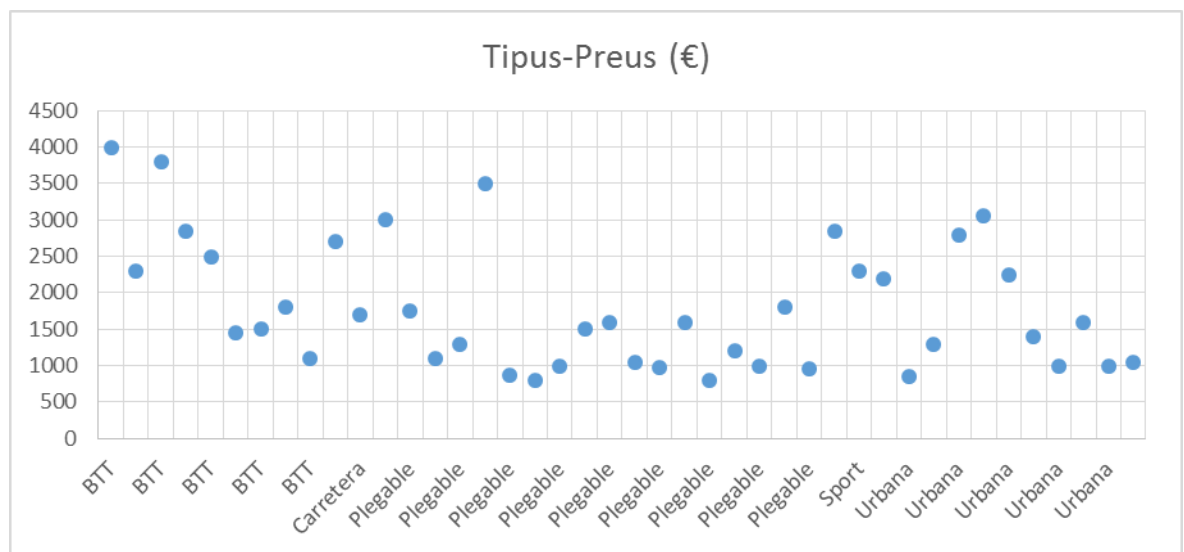
Inicialment, apareixen bicis elèctriques amb motor central (mid-motor) i bateries de Níquel (NiMH). El pes mig està entorn els 19 kg. Poc a poc, en segueixen apareixen d'altres amb regulació de velocitat i noves millores que es segueixen implementant avui en dia.

## 4. Estat de l'art

Aquest apartat del treball ha consistit en la recopilació d'informació sobre quina és la situació actual del mercat de bicicletes elèctriques per poder analitzar els diferents models de existent per obtindre una visió general de la realitat en què ens trobem.

Per fer-ho s'ha analitzat gran part del catàleg de bicicletes d'una pàgina web especialitzada ([www.electromaps.com](http://www.electromaps.com)) classificant-les segons el seu tipus (BTT, carretera, urbana, plegable i sport) i comparant-les entre elles per tindre'n una visió general.

La primera característica és el preu, on s'observa que varia entre 800 i 4000 €, però estant la majoria al voltant dels 1500 €, on les plegables són les més barates i la resta tenen una variació molt més gran.



**Fig. 4.4.** Preu de la bicicleta en funció del seu tipus

En el cas que respecta a la relació amb el treball, les que més s'assemblen a les bicicletes de cicloturisme són les BTT o les Sport.

El següent aspecte que es compara és el pes, també en funció del tipus de bicicleta. En aquest gràfic, excepte en un cas puntual i que per tant no es pren com a representatiu, la tendència és de valors propers als 20 kg, lleugerament inferior en el cas de les plegables i



superior en el de les urbanes.

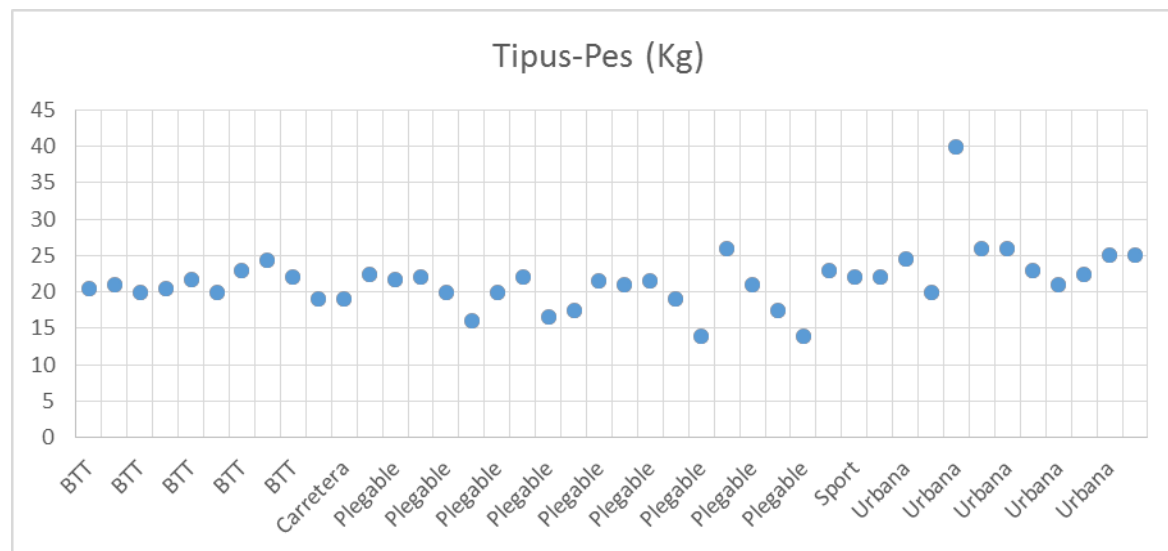


Fig. 4.5. Pes de la bicicleta en funció del seu tipus

Per últim s'analitza l'autonomia, una característica que defineix quants quilòmetres és capaç de recórrer la bicicleta amb assistència elèctrica fins que s'esgota la càrrega de la bateria. En aquest cas es veu molta més variació dins del mateix grup, variant entre 20 i fins a 180 km, cosa que ve donada o bé per la incorporació de diverses bateries, o bé per diferències en el càlcul d'aquesta.

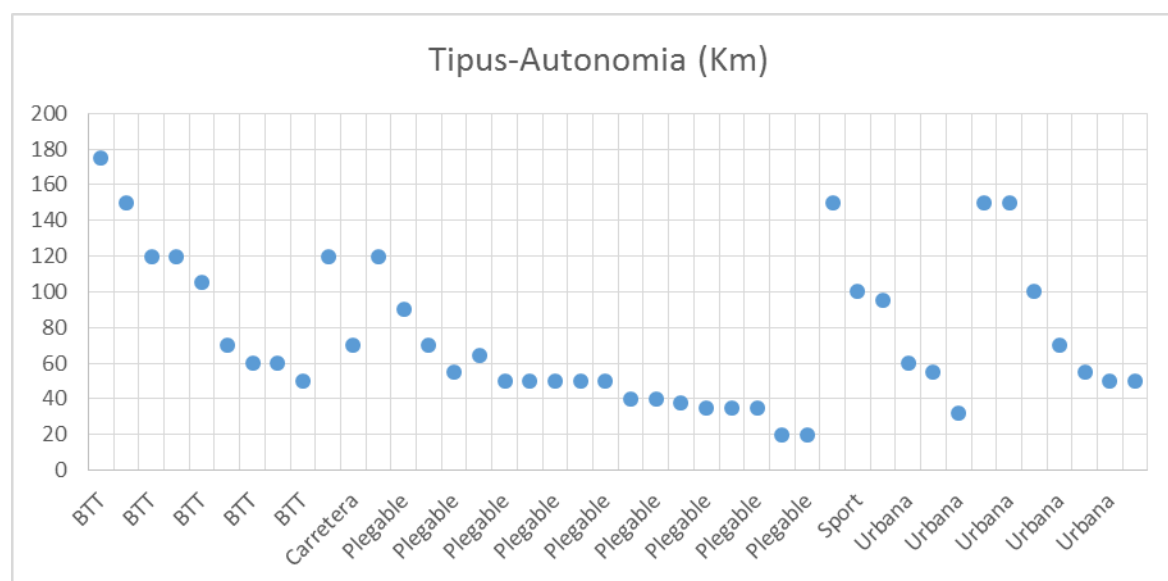


Fig. 4.6. Autonomia de la bicicleta en funció del seu tipus



Als annexos hi ha el llistat detallat amb totes les característiques de cadascuna de les bicicletes i marques.

## 5. Especificacions

Les especificacions són les característiques tècniques que defineixen límit (mínim o màxim en funció de si és una magnitud a maximitzar o minimitzar) i l'objectiu a que s'aspira assolir d'una magnitud en concret que descriu el sistema. En aquest cas s'acotaran quantitativament, en la mesura del possible, totes les qualitats de la bicicleta.

Especificació	Objectiu	Limit
Autonomia [km]	60	> 20
Velocitat [km/h]	25	*
Preu [€]	1800	> 2500
Pes [kg]	20	> 25
Bateria (Energia)	400 W·h	< 200W·h
Potència [w]	250	*
Temps de càrrega [h]	5	> 7
Roda: Dimensió	26"	> 24"
Pes portaequipatges [kg]	1	< 2
Canvi: Velocitats	6x3	4x1

Fig. 5.7. Taula d'especificacions

Les caselles que estan marcades amb un asterisc són característiques definides per la normativa.

- Ha de tindre incorporades llums de davant i darrere.
- La coberta ha de ser mixta
- Ha de tindre portaequipatge davant i darrere
- La bateria ha de ser extraïble
- Ha d'adaptar-se a les mides de l'autor

## 6. Geometria del quadre

### 6.1. Introducció

El quadre o xassís de la bicicleta és la part principal d'aquesta i a la qual van fixats la resta de components. Està format per un conjunt de tubs soldats, que, depenent de la seua forma, mida i material defineixen les característiques bàsiques del seu comportament i la talla.

El quadre ha de complir amb les especificacions que s'han descrit anteriorment per respondre a les necessitats d'una bicicleta de cicloturisme com la robustesa o la resistència, però també ha d'adaptar-se a les característiques geomètriques i de disseny d'una bicicleta elèctrica. Per tant, aquest tindrà un disseny clàssic o estàndard però sempre buscant l'optimització de pes, rigidesa, resistència, preu, etc.

A la següent figura es mostren els elements principals d'un quadre.

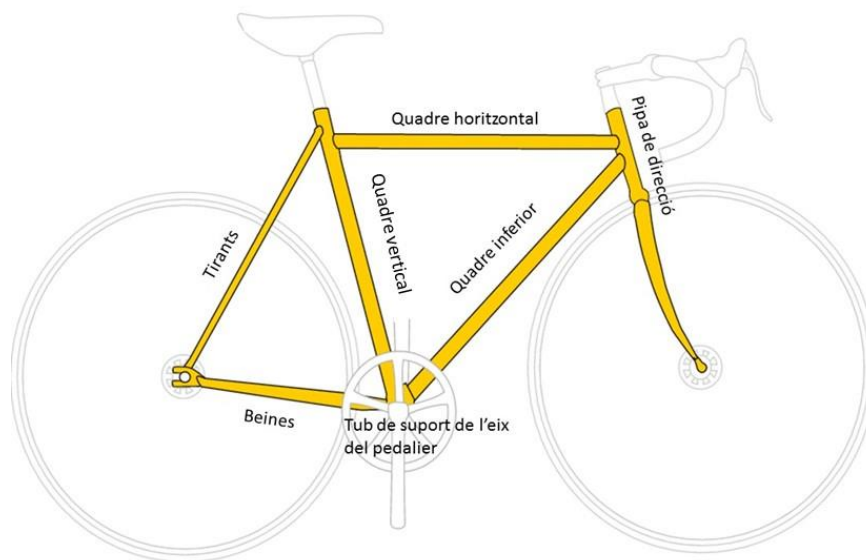
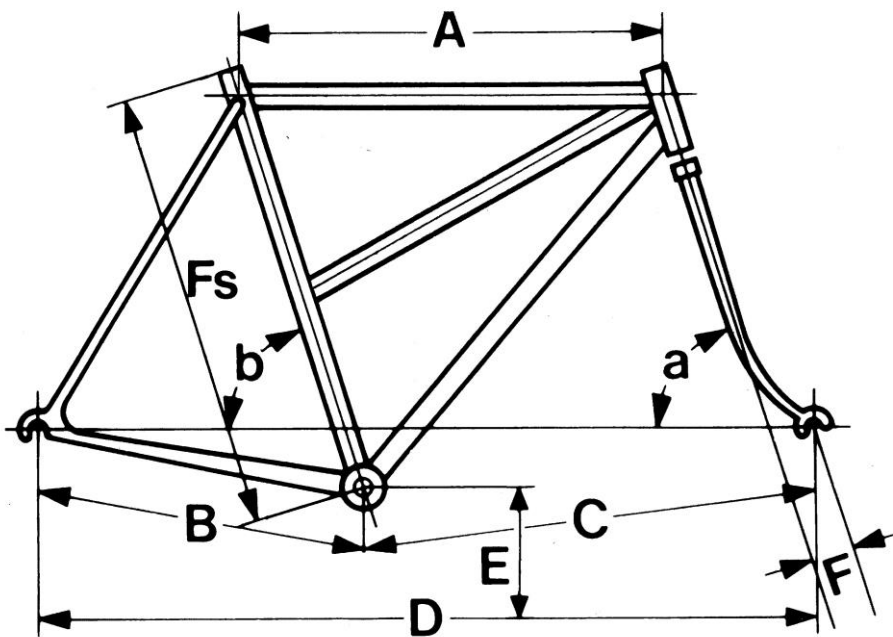


Fig. 6.8. Parts del quadre

Per definir al geometria no s'ha pres una talla ja establerta amb la que després ajustar-se al propi cos amb els elements mòbils sinó que s'ha fet a mida partint de les característiques antropomètriques de l'autor i de la biomecànica del ciclista.

## 6.2. Paràmetres de la geometria

La geometria del quadre ve definida per una sèrie de paràmetres que són els que en fixen la mida i l'ergonomia, tal i com s'indica a la següent figura. En funció de l'ús que se li vulgui donar a la bicicleta prendran valors diferents, posant com a casos oposats per fer la comparativa les de carretera i les de muntanya.



**Fig.** 6.9. Paràmetres geomètrics del quadre

### 6.2.1. Longitud del quadre horitzontal [A]

És la mesura longitudinal compresa entre l'eix del quadre vertical i de la pipa de direcció depenent del seu valor variarà la seua estabilitat i agilitat. Per exemple, en les bicicletes de muntanya acostuma a ser curt per aportar-los més agilitat, mentre que a les de carretera és

llarg per dotar-les de major estabilitat.

### **6.2.2. Distància entre els eixos posteriors [B]**

És la distància entre els eixos de gir de la roda posterior i l'eix del pedalier. Ha d'assegurar que no hi hagi interferència entre la roda i el quadre, sobretot en els cas de comptar amb suspensió al quadre. Com més llarga sigui més estable serà la bicicleta, però se'n veurà afectada l'agilitat.

### **6.2.3. Distància entre els eixos davanters [C]**

És la distància entre els eixos de gir de la roda davantera i el del pedalier. Mesura que s'ha de tindre en compte per assegurar la no interferència entre la roda i el quadre, sobretot en el cas de forquilles amb suspensió.

### **6.2.4. Distància entre els eixos [D]**

És la distància compresa entre els eixos de les dues rodes. El seu valor serà fruit de la resta de mesures. Com més curta sigui més àgilment podrà moure's, convertint-la també en més inestable, sobretot a altes velocitats. Per tant, acostuma a ser major en les bicicletes de carretera que a les de muntanya.

### **6.2.5. Alçada del pedalier [E]**

És la distància entre el terra i l'eix del pedalier. Un valor petit en aquesta mesura fa disminuir l'alçada del centre de masses, afavorint així l'estabilitat. Tot i això, s'han de tenir la longitud de les bieles dels pedals, sobretot si es compta amb suspensió al quadre, ja que la compressió d'aquesta, afegit a les irregularitats del terreny i a la inclinació experimentada als girs poden causar col·lisions entre els pedals i el terra.

### **6.2.6. Avançament de la forquilla [F]**

És la distància que separa l'eix longitudinal de la pipa de direcció i l'eix de la roda davantera. Acostuma a prendre valors propers als 4.5 cm i com més gran sigui més capacitat tindrà la bicicleta per absorbir irregularitats en el terreny. Juntament amb l'angle de direcció afecta a la maniobrabilitat de la conducció.

Aquesta mesura és constant en el cas de les forquilles rígides i variable si la forquilla

compta amb suspensió.

#### **6.2.7. Longitud del quadre vertical [Fs]**

És la distància compresa entre l'eix del tub de suport del pedalier i el punt on s'ajunten el quadre vertical i l'horitzontal.

#### **6.2.8. Angle de direcció [a]**

És l'angle format entre l'eix longitudinal de la pipa de direcció i el pla horitzontal. El valor d'aquesta mesura oscil·la en valors propers als 73°. Com més petit sigui aquest angle més gran serà la distància entre els eixos de les rodes i, per tant, més còmoda i estable serà la conducció, però en detriment de l'agilitat. Acostuma a ser més gran a les bicicletes de carretera que a les de muntanya.

#### **6.2.9. Angle del seient [b]**

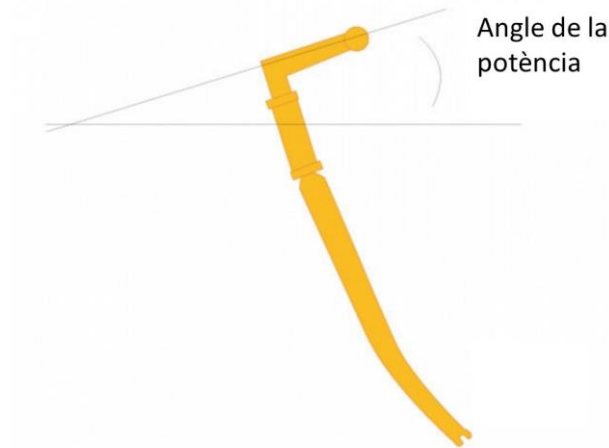
És l'angle mesurat entre l'eix longitudinal del quadre vertical i el pla horitzontal, mesurat per la part del darrere. Aquest angle oscil·la en valors propers als 72° i afecta al comportament de la bicicleta: com més petit més s'està més prop de la roda del darrere i es disposa de major tracció quan es pedala assegut al seient.

#### **6.2.10. Altres paràmetres**

Altres paràmetres, tot i que no són estrictament del quadre, però que serveixen per a ajustar la mida del ciclista a la del quadre són l'alçada del seient l'angle i llargada de la potència de la potència.

En el primer cas la possibilitat de variar l'alçada del seient longitudinalment al llarg de l'eix del quadre vertical permet acabar d'ajustar el punt de contacte entre les natges i la bicicleta.

Per altra banda, pot variar l'angle de la potència, que és la peça que uneix el quadre amb el manillar. Com més gran és aquest valor (variant entre 0 i 25°) més còmoda serà la conducció.



[Fig.](#) 6.10. Angle de la potència

### 6.3. Càlcul geomètric

Abans de presentar cap disseny preliminar del quadre s'han de fixar els paràmetres descrits a l'apartat anterior i es farà en funció de les necessitats de la conducció, les prestacions, l'ergonomia i de les mides de la persona, en aquest cas l'autor del treball.

Per fer-ho s'han pres condicions límit en el pedaleig (punts morts), la posició del ciclista durant la conducció i algunes mesures estàndards de les bicicletes de cicloturisme, i amb el programa *SolidWorks* s'han imposat les condicions geomètriques del ciclista per definir gràficament la geometria exacta del quadre.

#### 6.3.1. Característiques antropomètriques del ciclista

Les bicicletes que hi ha al mercat estan classificades per talles, i es determina la talla de cada persona en funció de la seua alçada i de la distància entre l'entrecreix i el terra. En aquets treball, en canvi, s'ha volgut ser més exacte i s'han tingut en compte les mesures de totes les extremitats de l'autor del treball per poder tindre una bicicleta a mida.

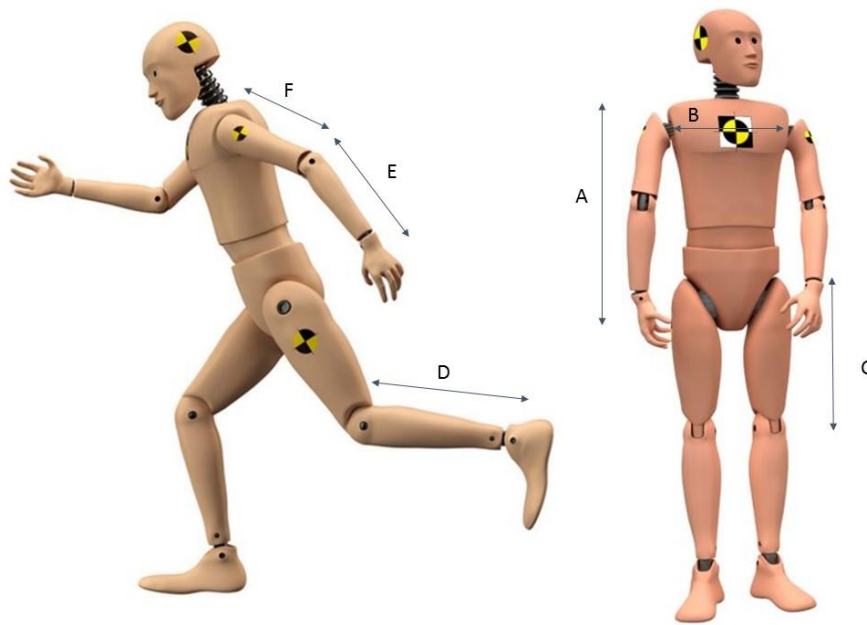


Fig. 6.11. Mesures del ciclista

Tal i com s'indica a la figura les mesures que es prenen són les següents:

- A. Tronc:** distància entre les espatlles i la part de les natges en contacte amb el seient quan s'està assegut.
- B. Amplada del pit:** distància entre les articulacions de les espatlles.
- C. Cuixa:** distància entre el maluc i el genoll.
- D. Part inferior de la cama:** distància entre el genoll i el punt de contacte del peu amb el pedal.
- E. Avantbraç:** distància entre el colze i el punt de la mà en contacte amb el manillar de la bicicleta.
- F. Braç:** distància entre l'espatlla i el colze.



Les mesures que han resultat són les que es presenten resumides a la taula següent.

Part del cos	Distància [mm]
A. Tronc	480
B. Amplada del pit	380
C. Cuixa	410
D. Part inferior de la cama	400
E. Avantbraç	290

[Fig.](#) 6.12. Mesures del ciclista

### 6.3.2. Punts de contacte ciclista-bicicleta

Amb un disseny lineal senzill realitzat amb *SolidWorks* s'han anat fixant les mesures fins a tenir definides per complet les mides del quadre.

En els diferents manuals d'ergonomia en el ciclisme [1] es determinen algunes condicions prèvies sobre el pedaleig. Concretament, fixen quin és l'angle òptim del genoll en els punts morts del pedal.

- **Punt mort superior:** Punt en el qual les bieles del pedal estan en posició vertical i la cama té la màxima flexió. En aquest punt fixem l'angle entre la tibia i el peroné en  $80^\circ$ .
- **Punt mort inferior:** Punt en què les bieles dels pedals estan en posició vertical i la cama està en la situació de màxima extensió. En aquest cas l'angle és de  $160^\circ$ .

Amb aquestes dades, i fixant la llargada de les bieles dels pedals en 175 mm, que és una mesura estàndard, s'obté una distància longitudinal entre l'eix del pedalier i el punt de contacte de les natges amb el seient de 637 mm.

Amb aquesta dada i l'alçada del ciclista (172 mm) es pren la llargada del quadre vertical de 500 mm (talla estàndard recomanada per aquesta alçada) i se supleix el tram que falta (137

mm) regulant-ho amb la tija del seient.

Per determinar el punt de contacte entre les mans i el manillar es prenen les consideracions prèvies que es comenten a continuació.

- Es fixa l'**amplada del manillar** en 420 mm (mida estàndard).
- Es pren un **angle entre el radi i l'húmer** de 140° que garanteix la comoditat en la conducció.
- Una **posició còmoda per a la conducció** que a més permet maximitzar la força aplicada als pedal és de 45° entre el tronc i el pla horitzontal.
- La distància òptima entre els plans horitzontals que comprenen el manillar i el seient és de 6 mm.

Amb aquestes dades i consideracions derivades de la bona posició a l'hora de pedalar es defineix que la longitud de la projecció horitzontal dels braços al pla d'avanç és de 570 mm, definint així el la posició que ha de tenir el manillar.

Per tant, en aquest punt ja estan definits tots els punts de contacte entre el ciclista i la bicicleta: peu-pedal, natges-seient i mans-manillar.

### 6.3.3. Mesures de la bicicleta

Una vegada determinades les posicions de les contacte de la persona amb la bicicleta es continua amb la determinació d'algunes dimensions de la bicicleta per poder acabar d'acotar les mesures del quadre.

- L'**eix del pedalier** acostuma a tindre una alçada respecte el terra d'entre 240 i 300 mm. Tenint en compte que és probable que se'n faci un ús per camins no asfaltats, es pren una alçada prudent de 280 mm per evitar col·lisions dels pedals amb possibles obstacles.
- Les **rodes de 26"** (660 mm de diàmetre tenint en comte el pneumàtic) són unes de les més comunes i aporten una bona relació entre l'agilitat i l'estabilitat i ofereixen un bon comportament en camins no asfaltats.

- La **distància entre l'eix de la roda posterior i l'eix del pedalier** varia entre 400 i 460 mm, sent la primera més àgil i més estable la segona. Es pren 450 mm, prioritzant l'estabilitat i evitant la interacció entre la roda i el quadre.
- La **distància entre els eixos de les dues rodes**, compresa entre els 1000 i 1150 mm, una altra vegada sent la gran la que aporta estabilitat. Es trien 1050 mm per a aquesta mesura.
- Per acabar de quadrar la totes aquestes mesures amb els punts de contacte trobats al subapartat anterior, s'utilitza una potència de 100 mm de llarg, 40 mm d'alçada i de  $10^\circ$  respecte la horitzontal.

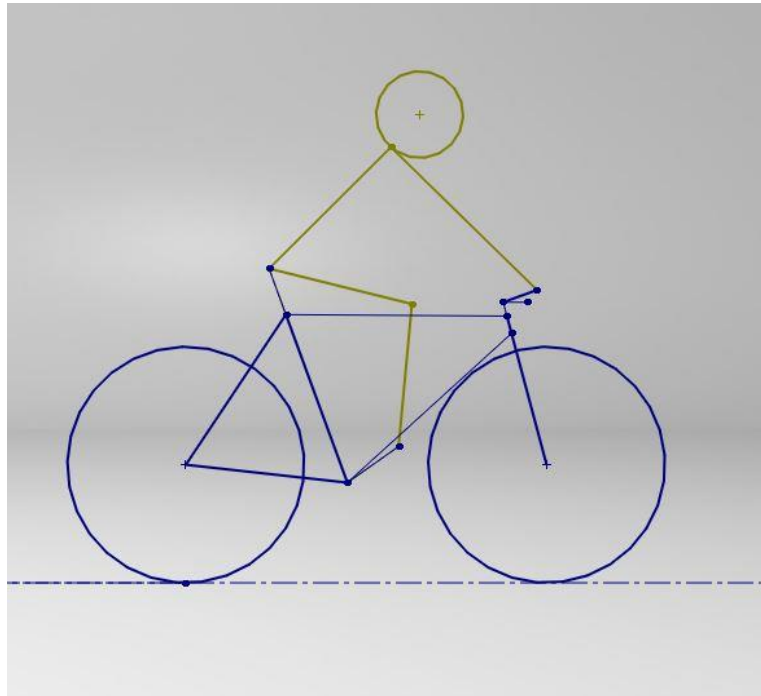


Fig. 6.13 Aspecte de la geometria del quadre

## 7. Material

### 7.1. Introducció

El material amb que està fabricat el quadre és un dels factors més importants a l'hora de fer-ne el disseny, ja que en funció de quin sigui tindrà unes característiques o unes altres. Per decidir quin material s'utilitza s'han de tenir en compte diversos factors, tant des del punt de vista de propietats mecàniques, processos de fabricació, factors econòmics, etc.

Com a pas previ a l'anàlisi i per acotar el ventall de materials a tindre en compte s'ha pres el criteri d'analitzar únicament aquells materials amb els que és més comú la fabricació dels quadres de les bicicletes. Aquests són l'acer, un dels materials més utilitzats històricament en el món del ciclisme i dins del qual hi ha moltes gammes diferents depenent dels materials amb els que està aliat; l'alumini que darrerament s'ha presentat com un substitut de qualitat a l'acer degut a la seua baixa densitat i bones propietats mecàniques; també formaran part de l'anàlisi el titani i la fibra de carboni, materials generalment dedicats a les gammes més altes i a l'alta competició.

Per fer la selecció del material s'ha fet una anàlisi ponderada dels diferents criteris que s'han considerat importants per complir amb els requeriments del quadre. Això vol dir que a cadascun dels criteris comparatius se'ls assignarà un pes o ponderació, i per a cada material es puntuarà aquestes característiques amb valors compresos dins d'un rang. Per acabar, es farà la suma ponderada de les puntuacions donades a cada característica i el material amb la nota més alta serà el triat per a la construcció del prototip.

### 7.2. Propietats dels materials

Les propietats són les característiques pròpies de cada material i són les que defineixen el seu comportament quan estan sotmeses a esforços, tant de tracció, compressió, flexió, impactes, fregament, etc.

A continuació es llistaran les principals propietats i paràmetres que caracteritzen els materials estudiats i se'n farà una breu explicació.

- **Densitat [ $\rho$ ]:** Magnitud escalar que indica la massa per unitat de volum d'una substància.
- **Duresa:** Propietat d'un material sòlid que indica la resistència que oposa la seva superfície a ser deformada per la força causada per un altre cos, és a dir, a ser ratllada.
- **Tenacitat:** Energia de deformació total que pot arribar a absorbir o acumular un material abans d'arribar a la condició de ruptura o deformació.
- **Ductilitat:** Capacitat que té un material a deformar-se plàsticament. Aportant una gran adaptació als mètodes de fabricació per deformació plàstica.
- **Mal-leabilitat:** Igual que la ductilitat indica la capacitat del cos a deformar-se, però en aquest cas en forma de làmina.
- **Límit elàstic o límit de fluència [ $\sigma_e$ ]:** Tensió màxima que un material pot sofrir sense sofrir deformacions permanents, recuperant la seua forma original.
- **Tensió de trencament o resistència a la tracció [ $\sigma_t$ ]:** Tensió màxima a tracció a la qual pot ser sotmesa un material abans de començar a contraure's la seua secció transversal de manera significativa.
- **Mòdul de Young [ $E$ ]:** Es defineix com la relació entre la tensió uniaxial i l'allargament unitari en el rang de tensions en que es compleix la llei de Hooke, és a dir, en el rang en què el material sofreix deformació elàstica.
- **Coefficient de Piosson [ $\nu$ ]:** Constant elàstica que proporciona una mesura de l'estrenyiment de la secció d'un prisma de material elàstic, lineal i isòtrop.

### 7.3. Característiques dels materials

Els materials que s'han triat per a fer l'anàlisi són materials i aliatges que ja s'utilitzen comunament per a la fabricació de quadres de bicicletes. S'ha decidit partir de materials ja utilitzats al mercat en aquest sector per optar a les opcions més optimitzades i evitar triar-ne un amb unes propietats substancialment millorables.

Els materials que s'han estudiat són tres gammes d'acer, aluminis de dues sèries diferents, un tipus de titani i fibra de carboni.

### 7.3.1. Alumini

L'alumini és un dels materials actualment més utilitzats per a la fabricació de quadres de bicicleta, mai pur, sinó que sempre amb aliatges que en milloren les propietats mecàniques. Hi ha diversos tipus o sèries d'aliatges emprats en a la fabricació de bicicletes:

- **Sèrie 6xxx:** Aliatges principalment de magnesi i silici. Són fàcils de mecanitzar i soldar i presenten bones propietats mecàniques. Els més comuns són els 6061 i 6063.
- **Sèrie 7xxx:** Aliatges principalment de silici. Són els aluminis que presenten millors propietats mecàniques, però amb l'inconvenient de què presenta dificultats en el seu conformat i, per tant, més car. El que s'utilitza generalment per a la fabricació de quadres és el 7005.

Els principals inconvenients que tenen els aliatges d'alumini és que són molt complicats de treballar i sobretot de soldar degut al seu elevat punt de fusió.

#### Alumini 6061-T6

Aliatge amb una densitat de 2,7 g/cm<sup>3</sup> que conté alumini entre 95,85 i el 98,56 % i aliat amb els següents components:

Element	Mínim (%)	Màxim (%)
Silici (Si)	0,4	0,8
Ferro (Fe)	0	0,7
Coure (Cu)	0,15	0,4
Manganés (Mn)	0	0,15
Magnesi (Mg)	0,8	1,2
Crom (Cr)	0,04	0,35
Zinc (Zn)	0	0,25
Titani (Ti)	0	0,15

Fig. 7.14. Composició de l'alumini 6061

L'afegit T6 al nom de la sèrie fa referència al tipus de tractament tèrmic (trempe) i presenta una resistència màxima a la tracció de 290 MPa i un límit elàstic de 241 MPa. Té un coeficient de Poisson de 0,33 i un mòdul de Young de 68,9 GPa i una elongació del 12%.

La seva fulla de característiques indica que el límit de fatiga a  $500 \cdot 10^6$  cicles és de 96,5 MPa.

### Alumini 7005-T6

Aliatge amb una densitat de  $2,78 \text{ g/cm}^3$  que conté alumini entre un 91 i un 94,7 % i que està aliat amb els següents components:

Element	Mínim (%)	Màxim (%)
Crom (Cr)	0,06	0,2
Ferro (Fe)	0	0,4
Coure (Cu)	0	0,1
Manganés (Mn)	0,2	0,7
Magnesi (Mg)	1	1,8
Zinc (Zn)	4	5
Titani (Ti)	0,01	0,05
Silici (Si)	0	0,35
Zirconi (Zr)	0,08	0,2

Fig. 7.15. Composició de l'alumini 7005

El tractament tèrmic (T6) és el mateix que en el cas anterior. Presenta una resistència màxima a la tracció de 350 MPa i un límit elàstic de 290 MPa. Té un coeficient de Poisson de 0,33 i un mòdul de Young de 71 GPa. El límit de fatiga a  $500 \cdot 10^6$  cicles és de 150 MPa i una elongació del 12%.

### 7.3.2. Acer

L'acer és el material que s'ha fet servir històricament per a fabricar quadres de bicicleta per les seues bones propietats mecàniques, la facilitat de soldadura i el seu baix cost.

En aquest cas s'han estudiat tres tipus d'acer de gammes ben diferenciades que fa servir el

fabricant Reynolds (i que han adquirit denominació pròpia) especialista en la fabricació de tubs per a quadres de bicicleta: Acer Reynolds 631, Acer Reynolds 853 i Acer Reynolds 953.

### Acer Reynolds 953

Acer inoxidable martensític, combinació que li dona una gran resistència. És l'acer de gamma més alta del fabricant i la seua composició és la següent:

Element	Mínim (%)	Màxim (%)
Carboni (C)	0	0,02
Silici (Si)	0	0,25
Manganés (Mn)	0	0,25
Fòsfor (P)	0	0,15
Sofre (S)	0	0,01
Crom (Cr)	11	12,5
Molibdè (Mo)	0,75	1,25
Níquel (Ni)	10,8	11,3
Titani (Ti)	1,5	1,8

[Fig. 7.16](#) Composició de l'Acer Reynolds 953

Aquest aliatge, amb una densitat de  $7,8 \text{ g/cm}^3$ , presenta molt bones propietats mecàniques: resistència màxima a la tracció de 1650 MPa i límit elàstic de 1450 MPa. El seu mòdul de Young és de 207 GPa i el coeficient de Poisson de 0,3 i una elongació del 8%.

### Acer Reynolds 853

Acer inoxidable, una de les composicions més típiques dels quadres d'aquest material al que el seu tractament tèrmic endurit a l'aire després de la soldadura aporta bones propietats mecàniques. La seua composició és la següent:

Element	Mínim (%)	Màxim (%)
Carboni (C)	0,14	0,18
Silici (Si)	0,15	0,30



Manganés (Mn)	1,6	1,8
Fòsfor (P)	0	0,025
Sofre (S)	0	0,025
Crom (Cr)	1,9	2,1
Molibdè (Mo)	0	0,2
Níquel (Ni)	10,8	11,3
Coure (Cu)	0	0,3
Estany (Sn)	0	0,2
Alumini (Al)	0,02	0,04

**Fig. 7.17.** Composició de l'Acer Reynolds 853

Aquest aliatge, amb una densitat de  $7,78 \text{ g/cm}^3$ , presenta bones propietats mecàniques: resistència màxima a la tracció de 1200 MPa i límit elàstic de 1000 MPa. El seu mòdul de Young és de 207 GPa el i coeficient de Poisson de 0,34 i una elongació del 8%.

### Acer Reynolds 631

Acer Reynolds de gamma més baixa semblant al 853 però amb la diferència que aquest es conforma en fred però sense tractament tèrmic. La composició és la següent:

Element	Mínim (%)	Màxim (%)
Carboni (C)	0,14	0,18
Silici (Si)	0,15	0,30
Manganés (Mn)	1,6	1,8
Fòsfor (P)	0	0,025
Sofre (S)	0	0,025
Crom (Cr)	1,9	2,1
Molibdè (Mo)	0	0,2
Níquel (Ni)	10,8	11,3
Coure (Cu)	0	0,3
Estany (Sn)	0	0,2
Alumini (Al)	0,02	0,04

**Fig. 7.18.** Composició de l'Acer Reynolds 631

Aquest aliatge, amb una densitat de  $7,78 \text{ g/cm}^3$ , presenta unes propietats mecàniques

notablement inferiors a les anteriors: resistència màxima a la tracció de 800 MPa i límit elàstic de 650 MPa. El seu mòdul de Young és de 207 GPa el i coeficient de Poisson de 0,34 i una elongació del 10%.

### 7.3.3. Titani

El titani és un material amb unes propietats mecàniques molt adients per a la fabricació de quadres de bicicleta: alta resistència, baixa densitat, mòdul de Young baix i alta resistència a la fatiga i a la corrosió. És un material resistent, que no s'oxida i ni corroeix, sense la necessitat de ser tractat ni pintat.

El principal problema del titani és la dificultat d'obtenir tubs degut a la seua reactivitat amb l'oxigen, cosa que fa augmentar significativament el preu tot i ser un material abundant. A més, s'ha de tindre en compte també la seua gran elasticitat, ja que tot i ser prou resistent es podria donar el cas de patir deformacions elàstiques massa grans.

L'aliatge de titani utilitzat per als quadres és el **Ti 3Al-2,5V**, tal i com indica el seu nom, està aliat principalment amb alumini i vanadi.

Element	Mínim (%)	Màxim (%)
Alumini (Al)	2,5	3,5
Vanadi (V)	2	3
Ferro (Fe)	0	0,3
Oxigen (O)	0	0,12
Carboni (C)	0	0,05
Nitrogen (N)	0	0,02
Hidrogen (H)	0	0,015
Ittri (Y)	0	0,005

Fig. 7.19. Composició del Ti 3Al-2,5V

Aquest aliatge de densitat de 4,48 g/cm<sup>3</sup> presenta una resistència màxima de tracció de 620 MPa, un límit elàstic de 500 MPa. A més té un mòdul de Young de 100 GPa, un coeficient de Poisson de 0,3 i una elongació del 15%. El seu límit de fatiga de 280 MPa.

### 7.3.4. Fibra de carboni

La fibra de carboni un material incorporat darrerament a la fabricació dels quadres de bicicleta. Aquest és un material no metàl·lic format per fibres de carboni unides amb un polímer, generalment resina epoxi. La principal diferència d'aquest material amb els estudiats anteriorment és la seua anisotropia, és a dir, que el seu comportament varia en funció de la direcció de l'esforç aplicat.

La seua composició permet conformar tot tipus de formes (molt adient per als tubs) i resulta el material amb millor relació entre densitat i resistència, gran capacitat d'absorbir les vibracions i gran resistència a la corrosió. És difícil determinar les propietats mecàniques d'aquest degut a que cada fabricant no utilitza el mateix nombre de capes de fibres per conformar-lo.

El principal problema de la fibra de carboni és la fragilitat, és a dir, la poca resistència als impactes. Aquest fet s'ha de tindre en compte ja que una bicicleta pot estar sotmesa a cops, caigudes, etc. Per aquest fet pot ser útil per a bicicletes de carretera però es descarta per a usos de muntanya.

Per tant, veient el poc que s'adequa aquest material tant per les característiques mecàniques com pel preu a la bicicleta de cicloturisme es podria descartar de les opcions valorables com a possibles per al quadre, tot i així s'inclourà a l'anàlisi de forma qualitativa.

## 7.4. Resum de materials

A la taula següent pot observar-se les principals propietats mecàniques i paràmetres dels materials abans comentats que ens serviran per després fer-ne la selecció.

	Tensió al trencament [MPa]	Límit elàstic [MPa]	Modul de Young [GPa]	Coefficient de Poisson	Elongació [%]	Densitat [g/cm <sup>3</sup> ]	Límit elàstic/densitat	Límit de fatiga [MPa]	Preu tub [€]
Acer Reynolds 631	800	650	207	0,34	10	7,78	83,5		14,30
Acer Reynolds 853	1200	1000	207	0,34	8	7,78	128,5		25,67
Acer Reynolds 953	1650	1450	207	0,3	8	7,8	185,9		56,40
Alumini 7005-T6	350	290	71	0,33	12	2,78	104,3	150	5,35
Alumini 6061-T6	290	241	68,9	0,33	12	2,7	89,3	96	5,26

Fig. 7.20. Taula comparativa dels materials

A part de les propietats esmentades abans s'ha afegit la relació entre el límit elàstic i la densitat què, realment és una propietat molt més interessant a optimitzar que no pas només el pes o només el límit elàstic ja que un valor òptim sense l'altre segueix fent inútil el quadre.

Per altra banda hi consta el preu d'un tub. Aquest preu fa referència al preu unitari del quadre vertical per a comandes superiors a 50 unitats que s'ha obtingut a través del contacte amb el fabricant Reynolds i que consta al catàleg de l'annex. El preu de les peces d'alumini és substancialment més baix, probablement perquè es fabriquen en una empresa subcontractada a Taiwan. Tot i això s'ha d'afegir que augmenta el preu dels quadres d'alumini és el de la construcció del quadre, així que és previsible que el preu del quadre final seria superior a alguns dels d'acer.

Pel que fa al tubs fabricats per Reynolds, a continuació es mostren alguns gràfics representatius que apareixen al seu catàleg, entre els quals hi figuren els tres acers estudiats, una aliatge d'alumini 6061 i un de titani 2,5Al-3V.

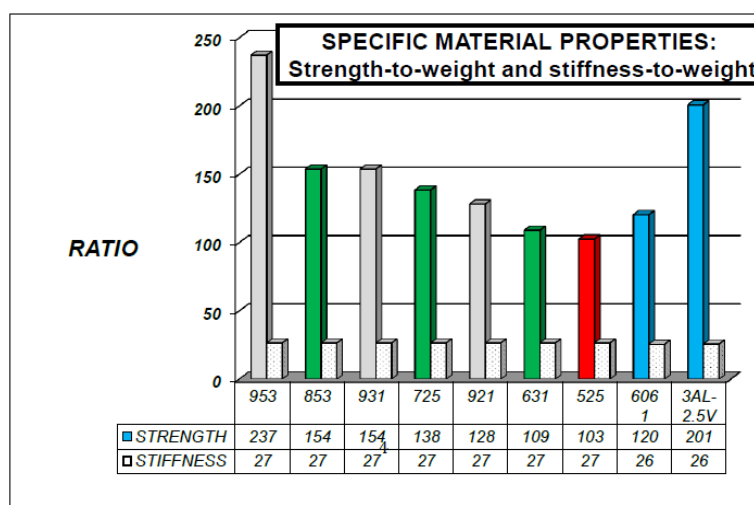


Fig. 7.21. Taula comparativa dels materials

## 7.5. Selecció del material

Per dur a terme la selecció del material s'ha utilitzat un mètode de comparació ponderada. Aquest mètode consisteix en definir els paràmetres que es consideren importants per a la

decisió i a cadascun se li dóna un pes ponderat en funció de la importància que té. Una vegada definits els paràmetres amb la ponderació corresponent es puntuen cadascuna de les característiques dels materials amb un valor de l'1 al 10, per exemple, i multiplicant-ho pel valor de la ponderació obtenim una puntuació total on el material que tingui el valor més gran serà el que triem.

Els paràmetres amb els que s'avalua cada material són els següents:

- A. Si s'observa la pràctica del cicloturisme fàcilment s'arriba a la conclusió que una de les principals modalitats és la de efectuar grans rutes. En alguns casos aquestes rutes poden arribar a ser molt llargues fins al punt de passar a través de diversos països. Aquest fet porta a tindre en compte la consideració de què en cas de ruptura o dany del quadre aquest ha d'ésser fàcilment reparable. Això vol dir que la **tecnologia de reparació hauria d'estar el màxim d'estesa i accessible** arreu del món, penalitzant l'alta tecnologia i les reparacions costoses. Per tant es pondera aquest paràmetre amb un valor de 5 sobre 5.
- B. Per avaluar la resistència del quadre el límit elàstic és la propietat a tenir en compte ja que en la pràctica del cicloturisme es porta el quadre a situacions extremes, afegint als camins pels que se circula el pes de la càrrega de les alforges. Però com s'ha comentat anteriorment aquest valor té molt de sentit comparar-lo relacionat amb el pes i, per tant, la densitat. Per això es pren el valor resultant de **dividir el límit elàstic per la densitat  $[\sigma_e/\rho]$** . A aquesta característica se li dóna una ponderació de 4 sobre 5.
- C. Aquest treball està centrat en el disseny d'un prototip de bicicleta, per tant, és previsible que la continuació d'aquest seria la voluntat de posar-la a la venda. Així que és desitjable que el **cost de fabricació** i, per tant, de la possible venda posterior **sigui mínim**. Aquí es té en compte tant el preu dels tubs comentats anteriorment com el preu de la construcció. És per això que aquest aspecte s'ha de tenir en compte, no com a única prioritat però sí com a factor a considerar. Així se li dóna una ponderació de 3 sobre 5.
- D. Degut a l'ús descrit al punt anterior és fàcilment imaginable que durant les llargues jornades i rutes que es recorren les condicions ambientals poden ser d'allò més variades: des de temperatures molt baixes, a d'altres molt altes, passant per pluja o

bé recurrent camins enfangats. Per això **el quadre ha de ser resistent a la corrosió dels elements**, cosa que permetrà allargar-ne la vida útil. Aquesta característica pot donar-se directament pel tipus de material (cas del titani i la fibra de carboni) o bé aplicant pintura o tractaments superficials (com l'acer o l'alumini). També es valora en aquest apartat, en tant que afecta a la durabilitat del quadre a llarg termini, **la fatiga**, característica destacable dels acers ja que presenten molt millor comportament que l'alumini. Com que és una característica que acabarà afectant a llarg termini i amb l'ús continuat de la bicicleta se li dóna una ponderació de 2 sobre 5.

- E. Per últim s'analitza la **capacitat de cada material a absorbir les vibracions**. Aquest aspecte afecta a la conducció i té certa rellevància quan se circula per camins no asfaltats, recorreguts habituals en el cicloturisme. Així, a aquest últim aspecte se li adjudica un pes de 1 sobre 5.

A la taula següent s'adjudica la puntuació (P) en funció d'un valor (V), ja sigui quantitatiu com els que fan referència a la taula de característiques del material o bé qualitatiu.

Paràmetre	Ponderació	Acer Reynolds 631		Acer Reynolds 853		Acer Reynolds 953		Alumini 7005-T6		Alumini 6061-T6		Titani 3Al-2,5V		Fibra de carboni	
		V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P
A	5	Sí	10	Sí	10	Sí	10	Poc	5	Poc	4	Molt poc	2	Gens	0
B	4	83,5	1	128,5	7	185,9	8	104,3	4	89,26	2	111,6	5	Molt elevat	10
C	3	Barat	10	Barat	8	Car	6	Car	4	Car	4	Molt car	2	Molt car	0
D	2		8		8		8		7		7		9		10
E	1		7		7		7		5		5		10		8
	<b>Puntuació total</b>		<b>107</b>		<b>125</b>		<b>123</b>		<b>75</b>		<b>62</b>		<b>64</b>		<b>68</b>

Fig. 7.22. Taula de ponderacions

Una vegada fet l'anàlisi ponderat ha resultat que, degut sobretot a la condició d'assegurar una tecnologia de reparació abastable, l'acer és el material més adient i, en concret, el Reynolds 853.

Amb aquesta elecció es fabricarà un quadre d'acer amb les següents característiques:

- Fàcilment reparable gràcies a la facilitat de l'acer de ser soldat, ja que la tecnologia per fer-ho està estesa arreu del món.
- Bona relació entre el límit elàstic i la densitat, cosa que proporciona resistència amb un pes no excessivament elevat.
- Cost moderat. Tot i el preu més elevat dels tubs, el cost la tecnologia de fabricació és baix.
- Quadre resistent a la corrosió gràcies a la composició de l'acer inoxidable que, juntament amb la pintura, li proporciona un bon aïllament als elements i l'entorn.
- Bona absorció de les vibracions que apareixen en camins no plans.

## 8. Disseny del quadre

### 8.1. Introducció

El quadre que s'ha dissenyat no pretén ser innovador en la seua forma, sinó que té els paràmetres i l'estructura bàsica d'un de tradicional, és a dir, mitjançant tubs cilíndrics per conformar-ne la estructura. Per fer-ho, una vegada acabada la selecció del material i a partir d'elements disponibles al mercat s'han realitzat un disseny preliminar i millorant-lo, un de definitiu.

En tots dos casos s'han fet un estudi dels processos de fabricació de cadascuna de les part que conformen el quadre, i també del muntatge i fabricació d'aquest, des de la soldadura de les part fins als posteriors tractaments.

Per últim, també s'ha fet un estudi estructural per justificar i aprovar definitivament la selecció del material, la dels components i la dels processos de fabricació duts a terme en les primeres fases del disseny.

### 8.2. Procés de fabricació

El procés de fabricació dels tubs d'acer és per extrusió indirecta, mètode que consisteix en empènyer el material a través d'un encuny d'una secció transversal desitjada. Aquest mètode es realitza a temperatura ambient i una dels grans avantatges respecte l'extrusió en calent és la falta d'oxidació del material.

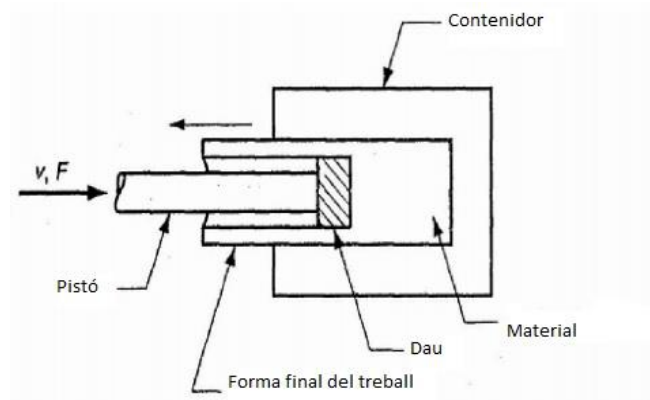


Fig. 8.23. Esquema de l'extrusió en fred



Seguint aquest mètode de fabricació, el fabricant de tubs de quadre Reynolds, van desenvolupar una millora substancial en la fabricació dels tubs per extrusió i que ara és un dels mètodes més estesos: els tubs coníficats.

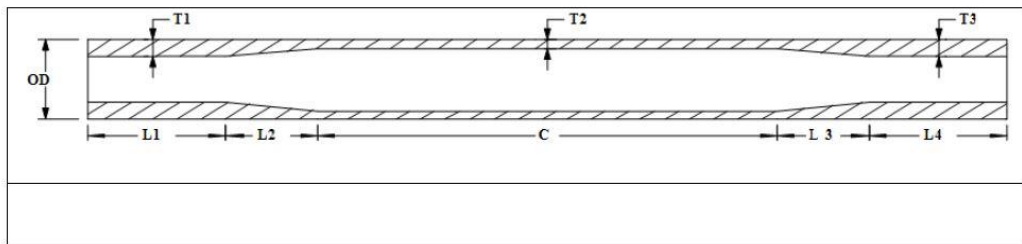


Fig. 8.24. Secció d'un tub coníficat Font: Catàleg Reynolds

Això consisteix en crear tubs amb una espessor variable: són més estrets a la part central i més gruixuts als extrems, mentre es manté un diàmetre constant a la part exterior. D'aquesta manera s'aconsegueix una important reducció del pes del quadre, a més de concentrar de forma controlada les tensions màximes cap als punt on interessa reforçar les soldadures.

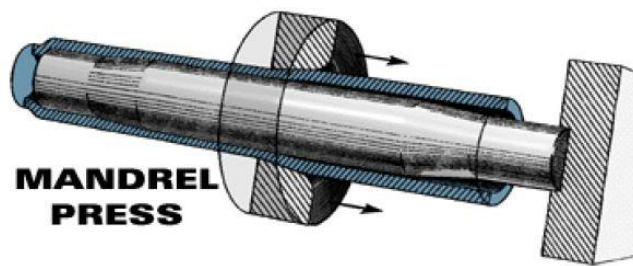


Fig. 8.25. Extrusió d'un tub coníficat

Posteriorment a l'extrusió se li aplica un tractament tèrmic, del qual el fabricant no n'especifica les característiques concretes, i un enduriment a l'aire.

També hi ha altres components a part dels tubs són les platines que hi ha en diferents punts del quadre, com les que uneixen els tirants i les beines i que són alhora l'eix de la roda del darrere. Aquestes peces s'obtenen tallant la forma a partir de planxes del material amb tall làser i posterior polit i acabat.

### 8.3. Selecció de les parts del quadre

En aquest punt ja està la geometria del quadre i el material amb que es construirà definits i es pot fer la selecció dels elements tubulars que formaran part de l'estructura. Tot i haver-se valorat l'opció de dissenyar els tubs que s'adeqüessin a les cotes marcades anteriorment s'ha considerat més eficient adaptar el quadre, ajustant-ho el màxim possible a la geometria inicial, s'ha optat per fer-ho amb les opcions que el fabricant ofereix al seu catàleg. Els preus són els que consten al catàleg del fabricant i s'han pres per a una tirada de menys de 10 unitats tot considerant que són per a la construcció del prototip (una unitat).

Els tubs seleccionats són els següents:

Tub	Llargada [mm]	Diàmetre [mm]	Gruix [mm]	Pes [kg]	Preu [€]
Quadre horitzontal	600	28,6	0,7/0,5/0,7	0,19	30,76
Quadre inferior	635	38,1	0,9/0,6/0,9	0,33	40,18
Quadre vertical	550	28,6	0,9/0,6/1,2	0,23	39,22

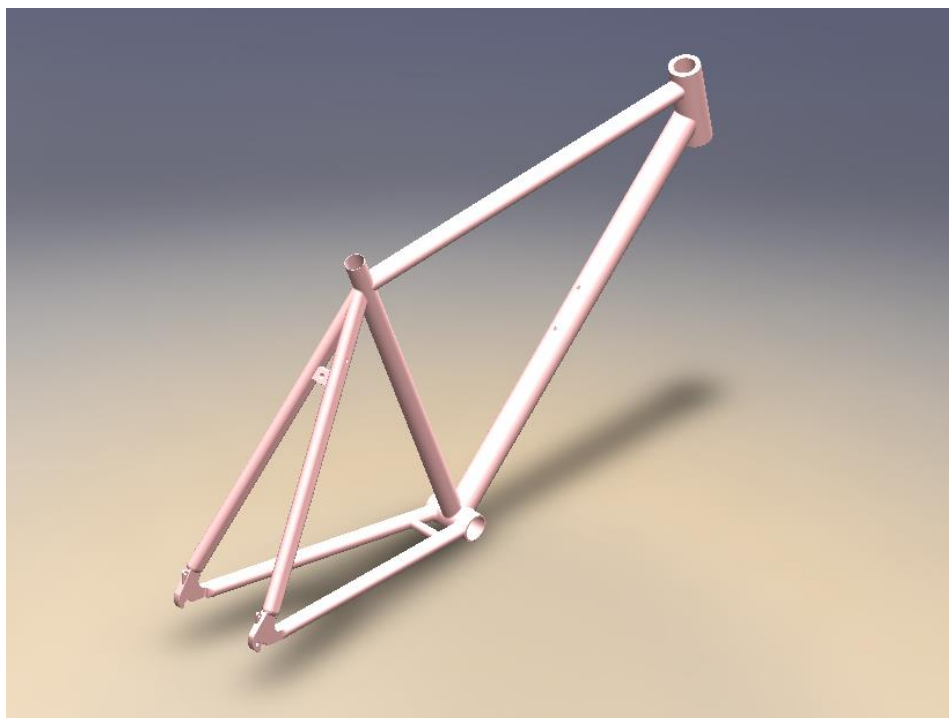
Beines	430	22,2	0,8/0,6	2 x 0,19	2 x 27,11
Tirants	450	29x17	1/0,6	2 x 0,17	2 x 29,14

[Fig. 8.26](#) \_Dimensions dels tubs del quadre

La resta de components, que no apareixen a l'oferta del catàleg s'han dissenyat amb mides estàndards que s'adeqüen al disseny preliminar i s'adapten a la resta de tubs.

La pipeta de direcció té una longitud de 130 mm i un diàmetre exterior de 45 mm (amb un pes de 0,30 kg) i el tub de suport de l'eix del pedalier té un diàmetre de 40 mm i una longitud de 78 mm (0,61 kg) . Pel que fa a les platines que uneixen les beines i amb els tirants tenen una forma tendint a triangular, amb un forat circular a la part inferior d'aquest per adaptar-se a l'eix de la roda del darrere i tenen una massa de 0,31 kg.

D'aquesta manera el pes del quadre amb tubs coníficats és de 2365 g. També s'ha calculat el pes del quadre en el cas de què s'haguessen fet servir tubs amb secció constant i és de 3227 g. Posteriorment es farà un anàlisi comparat entre els dos quadres per avaluar-ne les avantatges d'un respecte de l'altre.



[Fig. 8.27](#) \_Aspecte del quadre

Com es pot observar a la imatge també hi ha dos elements d'unió, un entre les beines, amb forma de tub, i l'altre entre les tirants, amb forma de platina. Ambdues amb funció estructurals fixant cadascun dels dos elements entre sí i, a més, de servir de suport en el cas de la platina per a accessoris de la bicicleta.

Com que els les platines, els petits elements d'unió, el tub de suport del pedalier i la pipeta de direcció no apareixen al catàleg, es decideix considera un cost del 20% de la resta de components, i per tant, el cost total dels components del quadre és de 267,19 €

Característica	Valor
Material	Acer
Pes tubs coníficats	2365 g
Pes tubs secció constant	3227 g
Preu	267,19 €

Fig. 8.28. Característiques del quadre

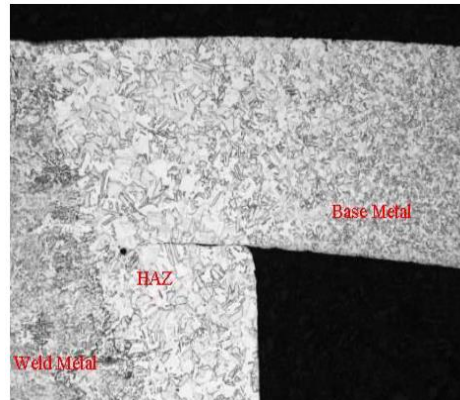
Generalment els quadres també incorporen unes guies en diverses parts del quadre per a fixar el recorregut dels cables de fre, els de canvi de marxes i, en aquest cas, el fils elèctrics que connecten la bateria amb el motor, el controlador i el visualitzador. Tot i així, aquests elements no s'han inclòs ja que aquest és un primer prototip i es considera que podrien fixar-se al quadre amb elements de plàstic, com brides, per exemple.

## 8.4. Soldadura

La soldadura és la unió entre dos materials en la qual es fonen ambdues parts i s'hi afegeix un material de farciment. En el cas que s'està desenvolupant es farà un cordó mitjançant la soldadura TIG (de l'anglès Tungsten Inert Gas) que es caracteritza per l'ús d'un elèctrode permanent de tungstè (material que fon a 3410 °C).

Una de les principals avantatges d'aquest mètode de soldadura és l'obtenció de cordons molt resistents, dúctils i menys sensibles a la corrosió gràcies al gas protector que evita l'entrada d'oxigen. A més permet obtenir soldadures netes i uniformes amb un bon acabat superficial. Com a contrapartida té la necessitat de proporcionar un flux constant i mà

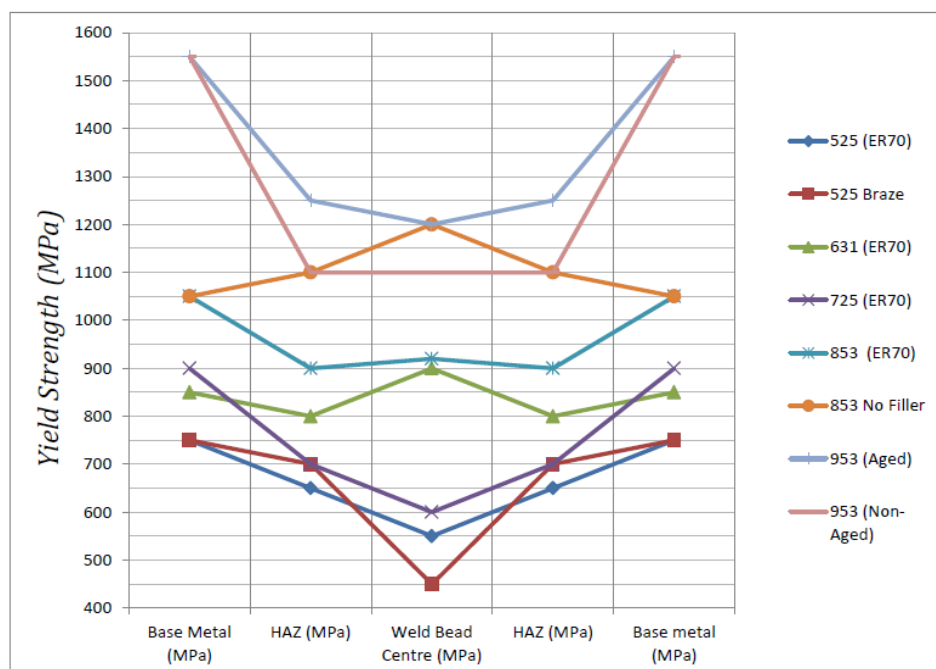
d'obra especialitzada, cosa que n'augmenta el cost.



**Fig. 8.29.** Unió per soldadura

En el cas de la unió dels tubs d'acer inoxidable Reynolds 853 s'utilitza una vareta del tipus ER-70 que, tot i ser menys resistents (500-600 MPa de límit elàstic) que el metall a soldar tenen bona ductilitat després de ser soldades.

En el cas de la imatge anterior es mostren tres parts diferenciades de la soldadura: *base metal* (el metall que fem servir), *HAZ* (de l'anglès *Heat affected zone*, o àrea afectada per la calor) i *Weld metal* (o metall de soldadura). Segons les proves experimentals, s'assegura que el límit elàstic de l'àrea soldada és el que s'explicita en el gràfic següent.



**Fig. 8.30.** Límit elàstic de la soldadura

Amb aquestes dades concloem que en cas de l'acer Reynolds 853 el límit elàstic arriba a baixar fins a 900 MPa, aspecte que s'haurà de tindre en compte ja que poden ser punts conflictius i propensos a la fallida.

A posteriori de la soldadura se li aplicarà un tractament tèrmic d'envelliment tèrmic o enduriment per precipitació H900 (1h a 482 °C) segons es recomana al catàleg de la marca amb el qual s'assoleixen les característiques del gràfic anterior.

Per calcular el cost de la soldadura es calcula que el temps aproximat que necessita el tècnic és de 5 hores, i considerant un sou de 30 €/h obtenim un cost de 150 €.

## 8.5. Pintura

La pintura no és un mer complement estètic sinó que li aporta al quadre resistència a la corrosió. El mètode de pintura i la seua qualitat són el que en determinen el preu final, que pot oscil·lar des de pocs euros fins a més de 500 €. En aquets cas però, es decideix no aplicar pintura ja que es tracta d'un primer prototipi es traspasa aquesta decisió a futures versions del model.

## 8.6. Anàlisi estructural

Mitjançant l'anàlisi estructural amb mitjançant un estudi modelat d'elements finits amb l'ajuda del programa *Ansys Workbench*. Aquest anàlisi permetrà tant comprovar si el disseny proposat fins al moment s'adequa als models existents i a més comprovar si compleix amb els requeriments de resistència.

Per fer les diverses anàlisis s'estudiarà primer l'opció amb el quadre format per tubs de secció constant, i en cas que el resultat sigui satisfactori s'estudiarà la possibilitat amb tubs coníficats.

### 8.6.1. Assaig de torsió

Per comprovar si el model dissenyat es comporta de forma similar a un quadre ja existent (d'una bicicleta de carretera) s'ha aplicat un parell a cadascun dels quadres i es compara la torsió que experimenta cadascun en funció del moment aplicat, obtenint un paràmetre que

s'anomenarà  $k_T$ .

$$k_T = \frac{M}{\alpha} \quad (\text{Ec. 8.1})$$

On el paràmetre  $\alpha$  és l'angle de la pipeta de direcció respecte la vertical després d'aplicar el moment  $M$ .

Per fer l'anàlisi s'ha fixat l'eix de la roda posterior i s'han aplicat dues forces de 1000 N a l'extrem superior i inferior de la pipeta de direcció creant-hi un moment torçor (detall de les condicions de contorn als annexos).

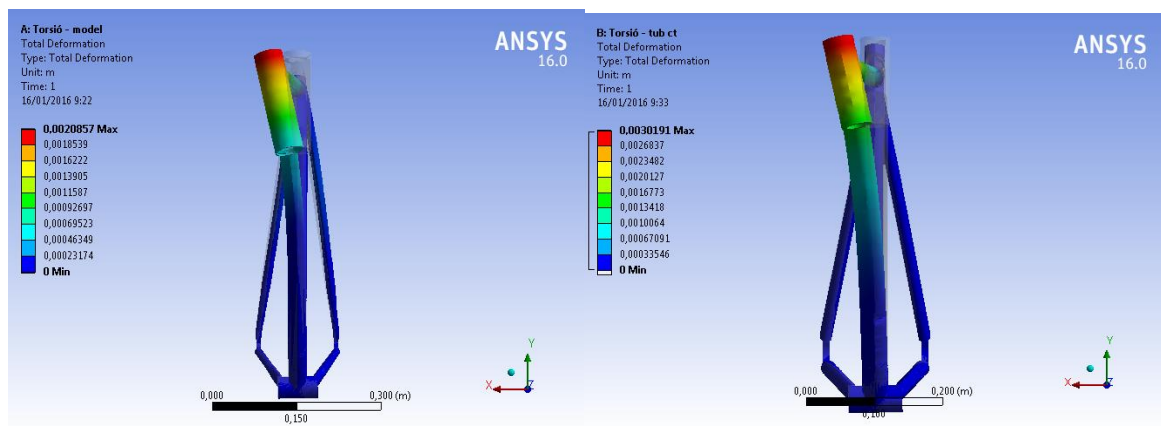


Fig. 8.31. Deformació del model existent (esquerra) i del disseny (dreta)

Els resultats obtingut són els següents:

Paràmetre	Model existent	Disseny
$\alpha$	$8,54 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-5}$
$M \text{ [N}\cdot\text{m]}$	175	130
$k_T$	$2,05 \cdot 10^7$	$1,13 \cdot 10^7$

Fig. 8.32. Paràmetres de deformació

Els resultats són satisfactoris ja que el valor de  $k_T$  és d'un rang pròxim, considerant que el quadre dissenyat pretén ser per a cicloturisme i l'altre és d'una bicicleta de carretera és positiu que tingue un comportament lleugerament més flexible.

### 8.6.2. Assaig de flexió

Igual que en el cas anterior, es farà una comparativa entre el comportament, en aquest cas a flexió, dels dos quadres abans esmentats: el de carretera ja existent i el dissenyat per a ciclisme.

En aquest cas s'ha fixat la pipeta de direcció i s'han aplicat esforços de 1000 N a cadascuna de les platines que uneixen les beines i els tirants.

En aquest cas també es mesurarà un coeficient  $k_F$ , definint el paràmetre  $\alpha$  com l'angle definit pel quadre horitzontal abans i després de la deformació.

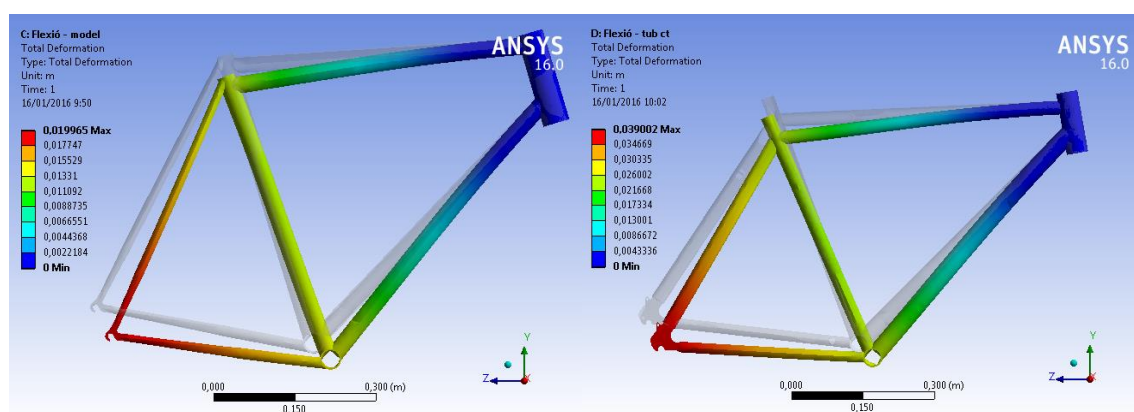


Fig. 8.33. Deformació del model existent (esquerra) i del disseny (dreta)

Els resultats obtingut són els següents:

Paràmetre	Model existent	Disseny
$\alpha$	$2,33 \cdot 10^{-5}$	$4,10 \cdot 10^{-5}$
M [N·m]	1740	1829
$k_F$	$7,46 \cdot 10^7$	$4,46 \cdot 10^7$

Fig. 8.34. Paràmetres de deformació

En aquest cas al valor també és d'un rang proper que en el cas del model de carretera i en el dissenyat, per tant, es pren com a un bon resultat ja que interessa tenir una mica més de flexibilitat.



Per tant, tenint present els resultats dels estudis a flexió i torsió es pot afirmar que el disseny realitzat compleix amb el comportament del quadre d'una bicicleta estàndard existent al mercat.

### **8.6.3. Anàlisi 5g**

Una vegada confirmat que el comportament del quadre és correcte i compleix amb el dels existents al mercat és l'hora de comprovar que el quadre suporta les carregues a les que podria arribar a ser sotmès.

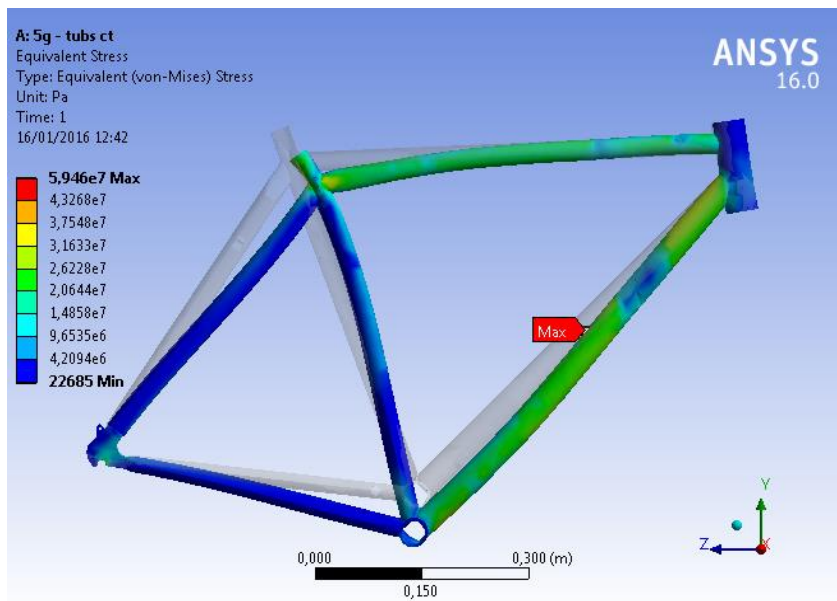
Per fer-ho se sotmetrà el quadre a esforços pel valor de 5g. Això vol dir que es prendran unes carregues a les que es troba el quadre normalment, com el pes d'una persona, i se li aplicarà una gravetat 5 vegades més gran que la de la terra, o el que és el mateix, es multiplicaran per cinc el valor de les càrregues aplicades.

Es prendrà el cas extrem de que el ciclista pese 100 kg, ja que a part del propi ciclista s'acostumen a portar alforges amb material durant les rutes. Aquest pes es repartirà entre la part superior de la pipeta de direcció (un 20%), la part superior del quadre vertical (30%) i el 50% restant a l'interior del tub de suport del pedalier, quedant així definits els punts de contacte entre ciclista i la bicicleta.

### **Anàlisi tubs de secció constant**

En primer lloc es fa l'anàlisi amb tubs de secció constant. El gruix que s'ha utilitzat és el de la part més gruixuda dels tubs coníficats, assegurant així que com a mínim es comportaran igual el aquesta part de secció màxima.

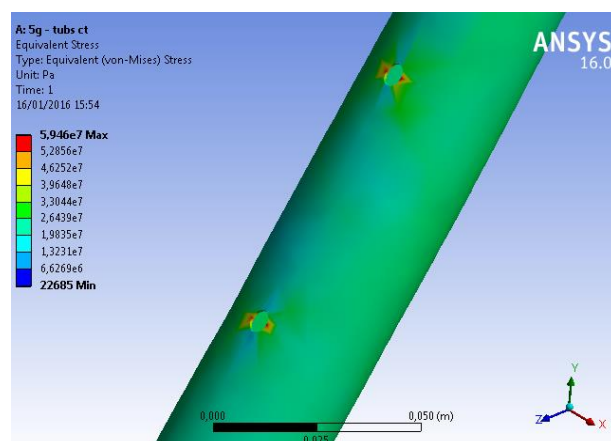
Aplicant les condicions comentades anteriorment s'obté el següent diagrama de tensions de Von Mises:



**Fig. 8.35\_** Tensions de von Mises. Tubs de secció constant

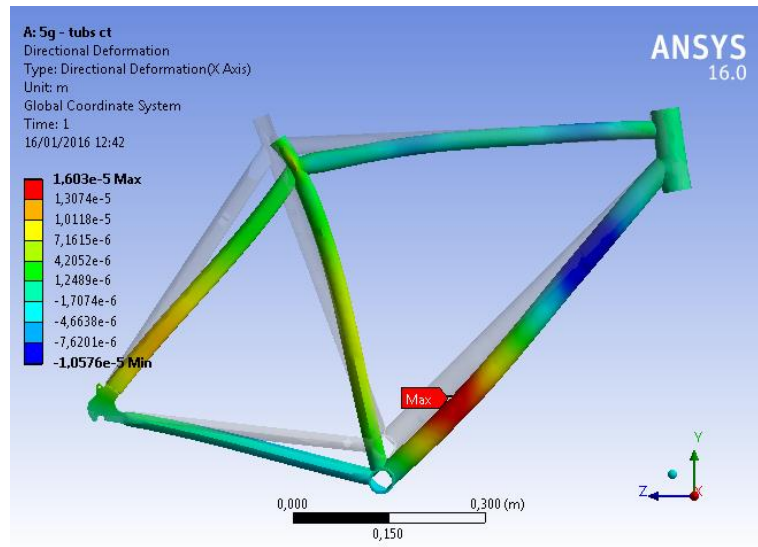
El diagrama anterior ens mostra la distribució de tensions al quadre en reacció a les forces aplicades i s'observa una tensió màxima de 59,46 MPa. Aquest valor és inferior al del límit elàstic (1000 MPa) i per tant pot afirmar-se que supera el factor de seguretat de 5 que s'havia imposat amb aquest anàlisi.

El punt de tensió màxima es troba al quadre inferior, justament a la zona d'un dels forats que serveixen per fixar el suport de la cantimplora. Aquest fet és normal ja que un forat actua com a concentrador de tensions al seu voltant.



**Fig. 8.36\_** Tensions màxima de von Misses

En diagrama de deformacions mostra la forma (a escala ampliada) del quadre quan rep els esforços. La part que experimenta una deformació més gran és el quadre inferior també, amb un valor màxim de 0.016 mm.

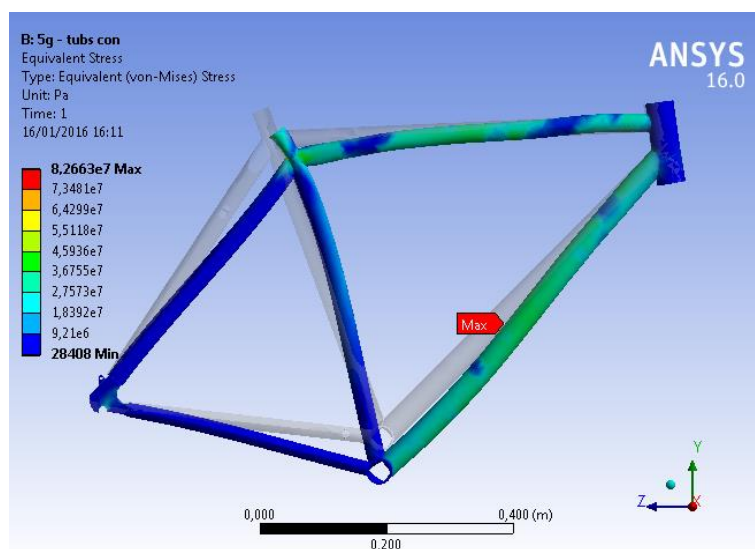


**Fig. 8.37.** Diagrama de deformació. Tubs de secció constant

### Anàlisi tubs coníficats

Una vegada corroborat que les dimensions són les adequades i suporten les carregues es decideix millorar l'eficiència del quadre reduint-ne la massa. Substituint els tubs de secció constant amb els tubs coníficats s'assoleix un quadre de 2365 g (en l'altre cas són 3227g) i per tant una reducció del 26,7% del pes.

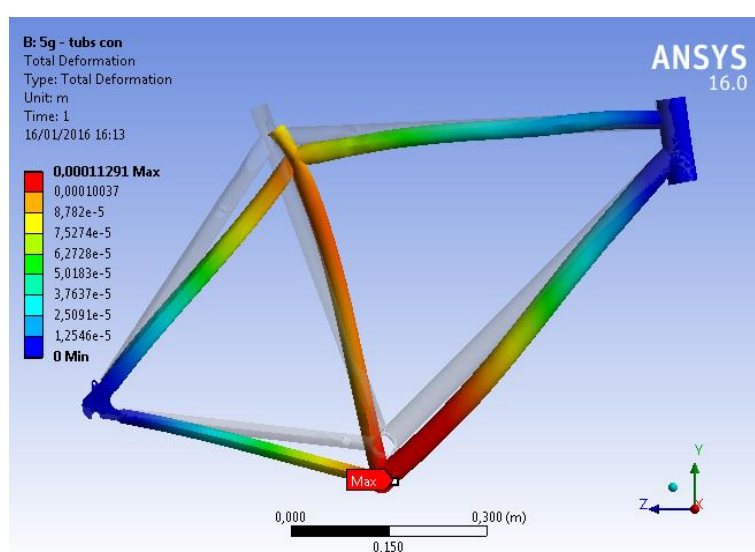
S'hi ha aplicat les mateixos suport i esforços, i s'ha obtingut el següent diagrama de tensions de Von Mises:



**Fig. 8.38.** Tensions de Von Mises. Tubs coníficats.

En aquest la tensió màxima està situada en mateix punt, al forat de suport de la cantimplora i el valor és 82,663 MPa, un valor superior al cas anterior però encara molt inferior al límit elàstic.

En reduir el gruix de la secció també se'n veu afectat el diagrama de deformacions amb una deformació màxima de 0,113 mm també en el quadre inferior però desplaçat més prop de la soldadura d'aquest amb el tub se suport del pedalier. Aquest valor és 10 vegades superior al registrat en el cas anterior però continua sent acceptable.

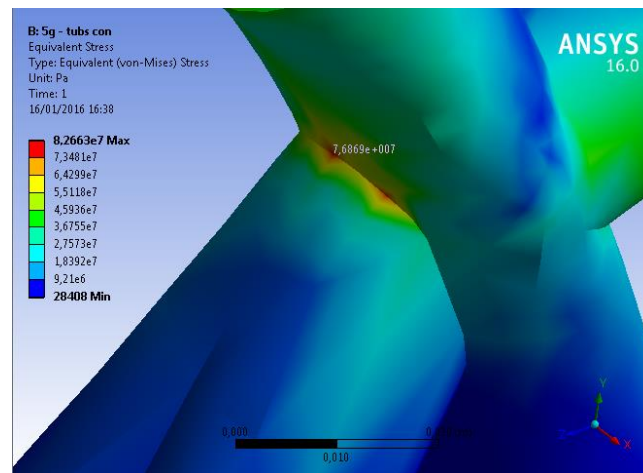


**Fig. 8.39.** Diagrama de deformacions. Tubs coníficats.

Finalment, podem concloure els tubs coníficats aporten un gran benefici ja que en disminueixen el pes augmentant molt poc les tensions. Per tant, s'incorporen definitivament al disseny.

#### 8.6.4. Estudi dels punts de soldadura

En l'apartat de soldadura s'ha vist com aquestes unions tenen un límit elàstic inferior a la resta de material i per tant mereixen una atenció especial en l'estudi de les tensions. La soldadura amb les tensions màximes és la que uneix el quadre vertical amb els tirants.



**Fig. 8.40.** Tensions de Von Mises a la soldadura.  
Tubs coníficats.

Aquesta tensió és de 76,869 MPa i, per tant, no supera el líndiar dels 900 MPa de límit elàstic de la soldadura. Això confirma que el disseny és correcte i que suportarà els esforços.

#### 8.6.5. Conclusions

Després d'analitzar mitjançant el mètode dels elements finits el quadre dissenyat es poden extraure les següents:

- El disseny compleix amb un comportament semblant al de les bicicletes existents al mercat i dins d'un rang acceptable.
- El disseny suporta les carregues aplicades aplicant-hi un coeficient de seguretat de 5.

- La tensió màxima apareix al voltant del forat de subjecció del suport de la cantimplora, al quadre inferior.
- La soldadura amb la tensió més alta és la que uneix el quadre vertical amb els tirants, i també les condicions de l'assaig.

## 9. Definició i selecció de components

### 9.1. Introducció

Per poder oferir una proposta concreta, desenvolupada i ben treballada d'una bicicleta elèctrica de cicloturisme s'ha vist necessari completar el disseny del quadre amb la selecció i avaluació de la resta de components que la conformen.

Aquests components no es dissenyaran des de zero ja que això excediria l'abast del treball, però sí que es farà una cerca dels que hi ha disponibles al mercat per incorporar-los a les necessitats del cicloturisme i a les característiques mecàniques i elèctriques de la bicicleta. I, en el cas de que no se'n trobe cap de disponible o es considere que els que hi ha no s'ajusten al disseny, adaptar-los en la mesura del possible.

Els components estudiats i que s'incorporaran al disseny són els que consten a la taula i imatge següents:

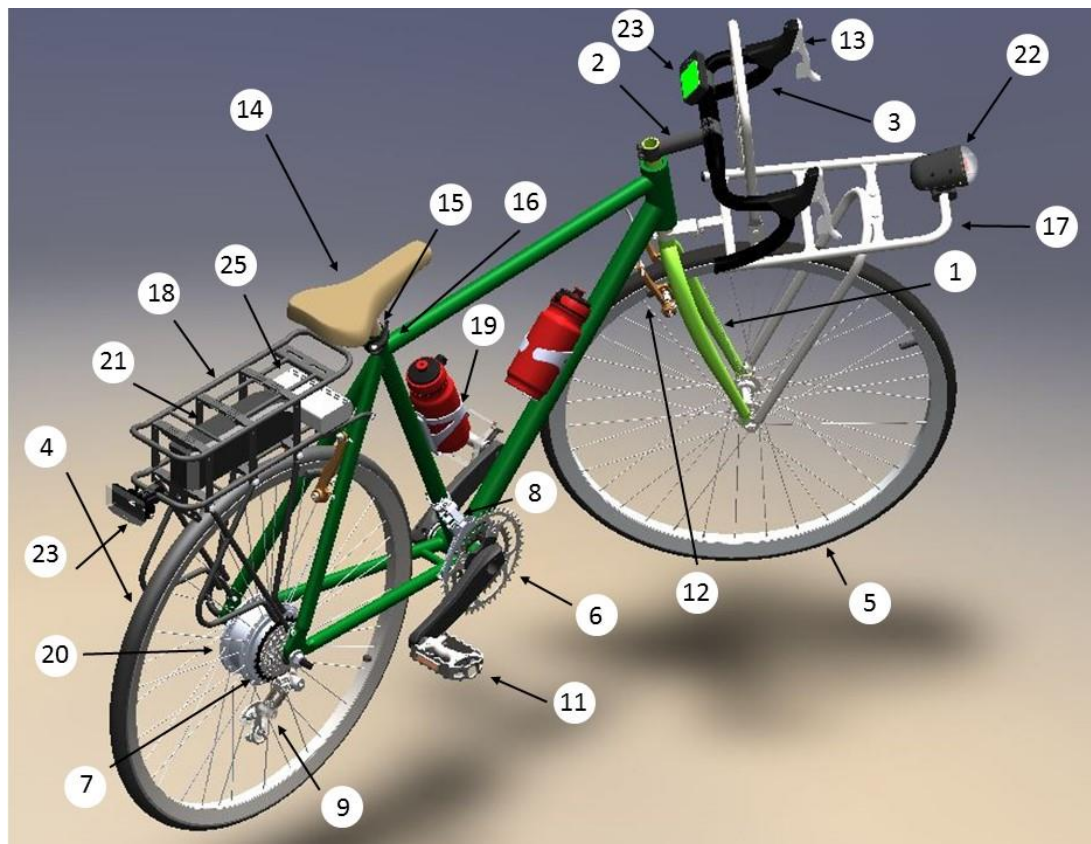


Fig. 9.41. Components



1- Forquilla	6- Plats i bieles	11- Pedals	16- Abraçadora tija	21- Bateria
2- Potència	7- Pinyons	12- Frens	17- Portaequipatges davanter	22- Llum davantera
3- Manillar	8- Desviador davanter	13- Manetes	18- Portaequipatges posterior	23- Llum posterior
4- Coberta	9- Desviador posterior	14- Selló	19- Suport cantimplora	24-Display
5- Llanta i radis	10- Cadena	15- Tija	20- Motor <i>hub</i>	25- Controlador

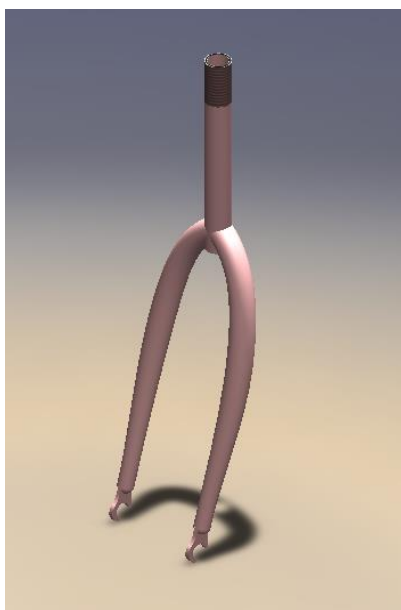
[Fig. 9.42.](#) Components

## 9.2. Components mecànics

### 9.2.1. Forquilla

La forquilla és la part de la bicicleta que comparteix eix amb la pipeta de direcció mitjançant una sèrie de coixinets que n'afavoreixen el moviment, i està formada pel tub de direcció i els braços que subjecten l'eix de la roda davantera.

La forquilla pot comptar, o no, amb suspensió. En aquests cas s'ha optat per una forquilla rígida estàndard per diversos motius: per un banda pot semblar útil per a absorbir les vibracions de la conducció per camins no asfaltats, tot i així, considerant la càrrega que porta la bicicleta de cicloturisme als portaequipatges els camins on aquesta és necessària ja resulten inaccessibles degut a la càrrega que es porta; i per l'altra banda absorbeix una part de la potència del pedaleig.



[Fig. 9.43.](#) Forquilla



La forquilla seleccionada és una forquilla d'acer, d'acord amb el material de la resta del quadre per mantindre'n les característiques. La forquilla és de la marca BT-Win.

Característica	Valor
Material	Acer
Diàmetre canya	27,6 mm
Longitud canya	246 mm
Distància punteres	103 mm
Roda	26"
Pes	799 g
Preu	14,95 €

[Fig. 9.44.](#) Característiques de la forquilla

### 9.2.2. Potència

La potència o tija del manillar és l'element que uneix el manillar amb el quadre de la bicicleta a través del tub de la forquilla transmetent l'rotació del manillar a la roda davantera a través de la forquilla.



[Fig. 9.45.](#) Potència

Aquest element es defineix per la seva llargada i l'angle respecte l'horitzontal i serveix per

acabar d'adaptar el ciclista a la bicicleta. En aquest cas s'ha elegit una potència de la marca Deda Logo d'alumini destinada a bicicletes de carretera, ja que no necessita suportar tensions tan elevades i s'aposta més per reduir el pes.

Característica	Valor
Material	Alumini 6061
Diàmetre abraçadora manillar	30 mm
Diàmetre abraçadora forquilla	27,6 mm
Longitud	100 mm
Pes	178 g
Preu	16,49 €

Fig. 9.46. Característiques de la potència

### 9.2.3. Manillar

El manillar és el mecanisme de control de la direcció de la bicicleta. Per a la pràctica del ciclisme és molt recomanable que permeti diverses postures, tant per comoditat com per salut per poder anar canviant la posició del cos al llarg dels llargs trajectes.

Hi ha diversos tipus de manillars que permeten variar la posició durant la conducció: des del de papallona o en forma de 8, manillar de carretera, afegir banyes als extrems del manillar, etc. En aquest cas s'ha triat el de carretera degut a la seua comoditat i a què, com s'havia especificat permet canviar la postura.



Fig. 9.47. Manillar

El component seleccionat és de la marca FSA Omega Compact fabricat d'alumini 6061, igual què la potència per poder reduir el pes, amb i una talla estàndard de 420 mm.

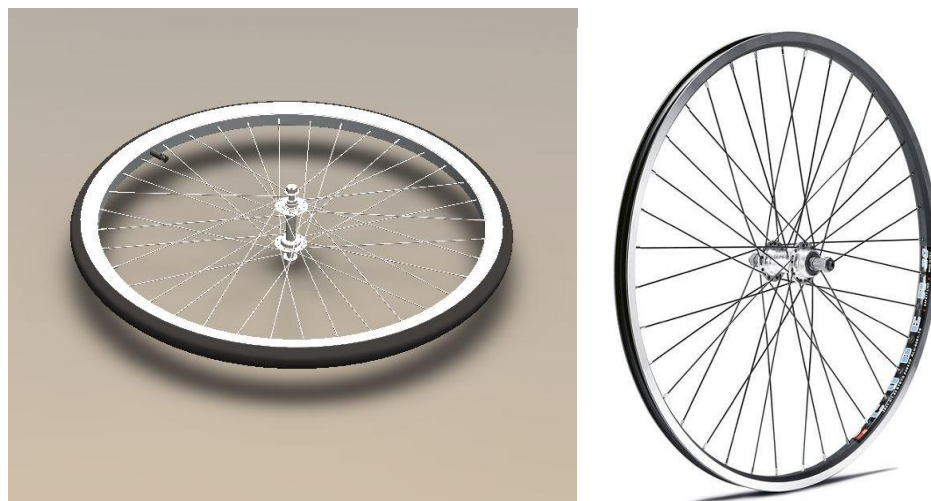
Característica	Valor
Material	Alumini 6061
Diàmetre	25 mm
Longitud	420 mm
Pes	300 g
Preu	31,5 €

[Fig. 9.48](#)\_Característiques del manillar

#### 9.2.4. Rodes

Les rodes són els elements que posa en contacte la bicicleta amb el terra. Aquestes estan formades per diverses parts: la llanta que dóna estructura i solidesa a la roda i conté els radis i l'eix; la coberta que és la part que està en contacte directe amb el terra i pot ser llisa o tindre tacs depenent de l'ús que se li dóna a la bicicleta i entre aquesta i la llanta hi ha la cambra d'aire.

Segons la talla del quadre les opcions de la roda oscil·laven entre les 26" i les 28", i finalment s'ha optat per les de 26" ja que a més de permetre una conducció còmoda en carretera i àgil a camins no asfaltats és la mida més estàndard a nivell mundial i, per tant, accessible en cas de necessitat de recanvis durant la ruta.



[Fig. 9.49](#)\_Roda davantera

## Coberta

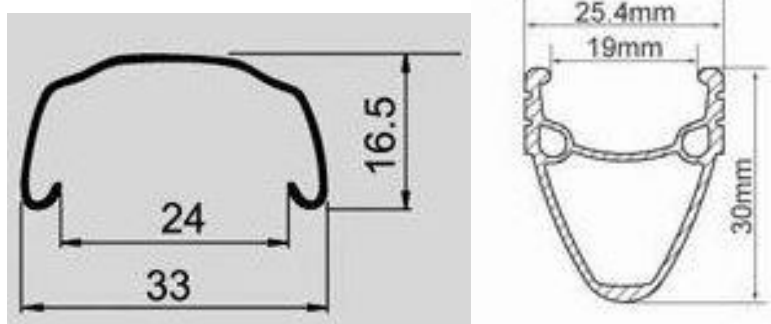
Per a la pràctica del cicloturisme és recomanable fer ús d'una coberta mixta que garanteixi l'adherència als camins de terra, però sense tacs que facen disminuir-ne el rendiment en camins asfaltats. D'aquesta manera s'ha triat la coberta Geax Easy Rider 26x1.95 de varetes rígides, aspecte que li aporten una gran resistència.

Característica	Valor
Diàmetre	26"
Amplada	1,95"
Pes	2 x 320 g
Preu	2 x 11,95 €

**Fig. 9.50.** Característiques de la coberta

## Llanta i radis

La llanta, igual que la coberta, es vol que sigui resistent per a suportar els esforços rebuts al llarg de les rutes i pels camins no asfaltats, als cops i si cal, als salts. Això afegit a el pes extraordinari que porten les alforges han fet optar per un dels tipus més resistents del mercat: les llantes de doble paret.



**Fig. 9.51.** Llanta de paret simple i doble paret

L'altre element que garanteix una estructura resistent a les rodes són els radis. Tant el seu

gruix, el número, com la seua disposició. S'ha decidit incorporar 36 radis de 2 mm de gruix i en estructura entrecreuada, més resistent que la disposició radial. El component és de la marca Cyber20.

La roda del darrere té les mateixes característiques que les del davant però adaptada a les característiques elèctriques de la bicicleta, i per tant, al motor de l'eix.

Característica	Valor
Material	Alumini
Diàmetre	26"
Radis	36
Diàmetre radi	2 mm
Disposició	Entrecreuada
Pes	2 x 835 g
Preu	2 x 23,99 €

[Fig. 9.52.](#) Característiques de la llanta

### 9.2.5. Transmissió i elements associats

La transmissió de la bicicleta és el sistema a través del qual es transmet la potència aportada pel ciclista per impulsar la bicicleta. Generalment aquesta pot incloure diferents relacions de marxes. Habitualment, i en aquest cas en concret, la transmissió es fa amb un sistema de rodes dentades (plats i pinyons) solidaris respectivament a l'eix dels pedals (pedalier) i a l'eix de la roda del darrere i una cadena.

En el cas del cicloturisme és necessari tindre unes combinacions flexibles de velocitats per tal d'adaptar-se a les variacions que puguin haver-hi al terreny o a les condicions de pedaleig i velocitat que vulgue tindre el ciclista en cada moment de la ruta.

Els elements que en formen part són els plats, pinyons, bieles, pedals, desviador davanter i desviador posterior i la cadena.

## Plats i bieles

El conjunt de plats i bieles és el que el ciclista controla a partir del moviment de rotació que transmet amb les seues cames. Aquests elements són solidaris al pedalier, situat a tub de suport del pedalier.



**Fig. 9.53.** Plats, biela i pedalier

En aquest cas s'ha seleccionat un conjunt de 3 plats i unes bieles de 175 mm de llargada. Com que aquests tres elements se comercialitzen conjuntament per millorar-ne l'acoblament entre ells s'ha triat el conjunt Shimano Deore Hollowtech II Chainset, amb plats de 42/32/22 dents.

Característica	Valor
Material	Acer lacat
Dents	42/32/22
Bieles	175 mm
Pes	1009 g
Preu	47,99 €

**Fig. 9.54.** Característiques dels plats i les bieles

## Pinyons

Els pinyons són les rodes dentades solidàries a la roda del darrere i que reben a través de la cadena l'esforç del ciclista. Juntament amb la combinació de plats permeten el canvi de la relació de transmissió i poden arribar a ser de fins a 10 pinyons, aspecte més comú a les bicicletes de muntanya. En aquest cas, s'ha optat per un carret de 6 pinyons de diferents mides que s'han considerat suficients per a l'ús divers del ciclisme.



[Fig. 9.55.](#) Pinyons

La opció del mercat triada és el carret de pinyons de la marca Shimano TZ20 14/28. Per tant, juntament amb els plats permeten 18 velocitats diferents (3 plats per 6 pinyons).

Característica	Valor
Material	Acer / Alumini
Dents	28/24/21/18/16/14
Pes	212 g
Preu	9,95 €

[Fig. 9.56.](#) Característiques dels pinyons



## Desviadors

Els desviadors són els components que s'encarreguen de fer efectiu el canvis de posició de la cadena, ja sigui canviant de plat o de pinyó.

- Desviador davanter: S'encarrega de canviar el plat que s'està fent servir i està fixat al quadre vertical. Es controla des de la palanca de canvis, que s'explicarà posteriorment. D'acord amb la resta de components, s'ha triat un canvi davanter Shimano Sora 3500.



Fig. 9.57. Desviador davanter

- Desviador posterior: S'encarrega de canviar el pinyó que s'està fent servir i està fixat a la platina per on passa l'eix de la roda posterior. Igual que l'anterior es controla des de la palanca de canvis i s'adquireix un Shimano Rd-tz 31.



Fig. 9.58. Desviador posterior



Les característiques concretes de cadascun són els següents:

Característica	Valor
Material	Acer / Alumini
Pes desv. dav.	103 g
Pes desv. post.	286 g
Preu desv. dav	27,99 €
Preu desv. post.	13,99 €

[Fig. 9.59.](#) Característiques dels desviadors

## Cadena

La cadena és l'element que s'encarrega d'unir i transmetre el moviment i la potència entre els elements de la transmissió. S'ha optat per una cadena Shimano Doere amb la característica de ser repel·lent al fang, aspecte molt valorable per a l'ús que se li ha de donar en cicloturisme, ja que així es redueix substancialment l'efecte de la corrosió.



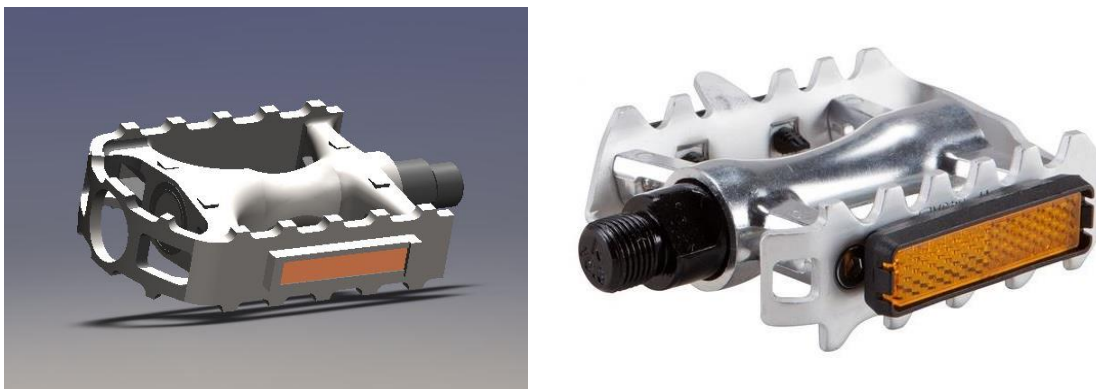
[Fig. 9.60.](#) Cadena

Característica	Valor
Material	Acer
Pes	275 g
Preu	12,50 €

[Fig. 9.61.](#) Característiques de la cadena

## Pedals

Els pedals són el component on es recolza el ciclista i a través del qual transmet el parell a les bieles. Aquests elements han de ser còmodes per no molestar la conducció del cicloturista durant els llargs trajectes. Per això s'han triat els d'alumini ja que, a part de ser lleugers compten amb una gran facilitat per trobar recanvis en cas de trencament arreu del món i tenen molta més resistència que els de plàstic. A més, el disseny seleccionat compta amb tires reflectants que aporten seguretat a la conducció sobretot en moments de poca llum.



[Fig. 9.62.](#) Pedals

La marca triada és BT-Win i les característiques són les següents:

Característica	Valor
Material	Alumini
Pes	360 g
Preu	9,99 €

[Fig. 9.63.](#) Característiques dels pedals

### 9.2.6. Frens

Els frens de la bicicleta són l'element que serveix perquè la bicicleta no s'embali i poder reduir així la seua velocitat. Estan situats a les dues rodes, tot i que el que s'utilitza principalment és el de la roda del darrere.

El la pràctica del ciclisme en general s'ha de tenir en compte aquest component ja que no dedicar-li el manteniment adequat o que no siguin els correctes podrien arribar a causar accidents.



[Fig. 9.64.](#) Frens

Hi ha diversos tipus de frens, on els principals són els frens de disc i els V-brake, tot i que també existeixen els hidràulics i algun altre mecanisme menys comú. Tot i que els frens de disc ofereixen millor rendiment en el fre i per tant, més qualitat de fre, s'ha optat per triar els frens V-brake per diversos motius: el principal és que s'adeqüen a les necessitats de frenada del cicloturisme, és a dir, que no estan previstes respostes molt ràpides com seria el cas, per exemple del descens; efectuar el seu canvi i/o reparació és molt més senzill que en el cas dels de disc, ja que en les bicicletes de cicloturisme, a l'eix de les rodes també hi ha incorporats altres components com els suports; i per últim, el preu és molt més baix. La marca triada és BT-Win.

Característica	Valor
Pes	2 x 360 g
Preu	2 x 15,95 €

[Fig. 9.65.](#) Característiques dels frens

### 9.2.7. Manetes

Les manetes són els mecanismes, sovint en forma de palanca que accionen els mecanismes tant les de fre, amb les qual es controla la frenada, com les de canvi de marxes, amb les que es controla el lliscament de la cadena a través de plats i pinyons.

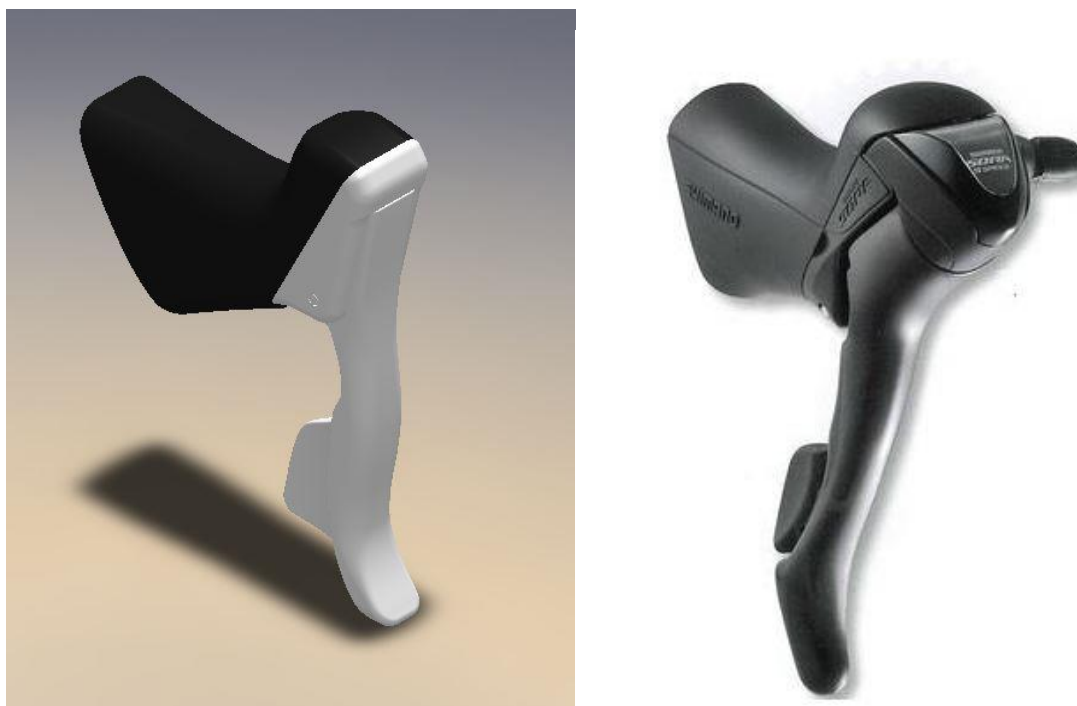


Fig. 9.66. Manetes canvi i fre

Aquests elements normalment van incorporats al manillar i, per tant, en depenen de la seua forma. En el cas del manillar de carretera com el que s'ha triat anteriorment els dos dispositius, el de fre i el de canvi, van integrats en una sola maneta, que incorpora les dues palanques: el fre amb accionament de la palanca per compressió i el canvi per rotació. Les manetes triades són les palanques Shimano Sora. El preu varia del dreta l'esquerra perquè un gestiona els plats i l'altre els pinyons.

Característica	Valor
Pes	2 x 363 g
Preu dreta	59,95 €
Preu esquerra	49,95 €

Fig. 9.67. Característiques de les manetes

### 9.2.8. Selló

El selló és el component on es recolzen les natges del ciclista durant la conducció. Aquest és un element important ja que afecta a la comoditat durant la ruta i les característiques que el defineixen són el material i la geometria, i va fixat al quadre mitjançant la tija del selló i l'abraçadora de la tija.



**Fig. 9.68.** Selló i tija

Per a la bona pràctica del cicloturisme es recomana que el selló no sigui massa ample per dificultar el moviment del pedaleig. L'opció triada és un selló i una tija de la marca Brooks B17, de cuir, per tant resistent.

Característica	Valor
Material selló	Cuir
Pes selló	525 g
Preu selló	79 €
Material tija	Alumini
Longitud tija	24,5 mm
Pes tija	310 g
Preu tija	9,75 €

**Fig. 9.69.** Característiques de la tija i el selló

El component que serveix per fixar la tija i definir l'alçada del seient és l'abraçadora de la tija, una anella amb un cargol per fer pressió al quadre vertical i fixar la tija.



**Fig. 9.70.** Abraçadora de la tija

La seleccionada és una abraçadora de la marca Pro que permet fixar-la i desfixar-la fàcilment amb la mà.

Característica	Valor
Material	Alumini
Pes	32 g
Preu	4 €

**Fig. 9.71.** Característiques de l'abraçadora de la tija

### 9.2.9. Portaequipatges

Els portaequipatges són els elements que estan subjectes al quadre i que serveixen, tal i com indica el seu nom, per a carregar les alforques que es vulguen carregar durant la ruta. N'hi ha tant a la part davantera com a la posterior.

En el cas concret del cicloturisme són un element essencial ja que és necessari portar les pertinences com roba, eines, recanvis, etc.

### Portaequipatges davanter

Aquest element està situat a la part frontal de la bicicleta i és solidària a la direcció del manillar, per tant, gira amb ella. Els seus punt de suport són l'eix de la roda davantera i la forquilla.



[Fig. 9.72.](#) Portaequipatges davanter

El portaequipatges seleccionat és d'acer de la marca Blackstar, capaços de suportar fins a 25 kg.

Característica	Valor
Material	Acer
Pes	1000 g
Preu	59 €

[Fig. 9.73.](#) Característiques del portaequipatges davanter



### Portaequipatges posterior

Igual que en el cas anterior té la mateixa funció de carregar les alforges i té una capacitat de càrrega de 25 kg. En aquest cas però, s'ha hagut d'adaptar per a carregar també la bateria del sistema elèctric de la bicicleta. Aquesta adaptació tot i utilitzar part del pes de la carrega, no interfereix en l'adaptació de les alforges.



**Fig. 9.74.** Portaequipatges posterior

S'ha seleccionat un portaequipatges ja adaptat, preparat per a una roda de 26" i amb suport a les platines on hi ha també l'eix de la roda del darrere (però no al mateix eix) i als tirants. És de la marca Heavy Duty.

Característica	Valor
Material	Acer
Pes	1100 g
Preu	95,04 €

**Fig. 9.75.** Característiques del portaequipatges posterior



### 9.2.10. Accessoris

A part dels components estrictament necessaris per a la pràctica del cicloturisme, n'hi ha d'altres que en faciliten la pràctica i la fan més còmoda, com és l'afegit d'accessoris, per exemple, el suport per carregar la cantimplora.

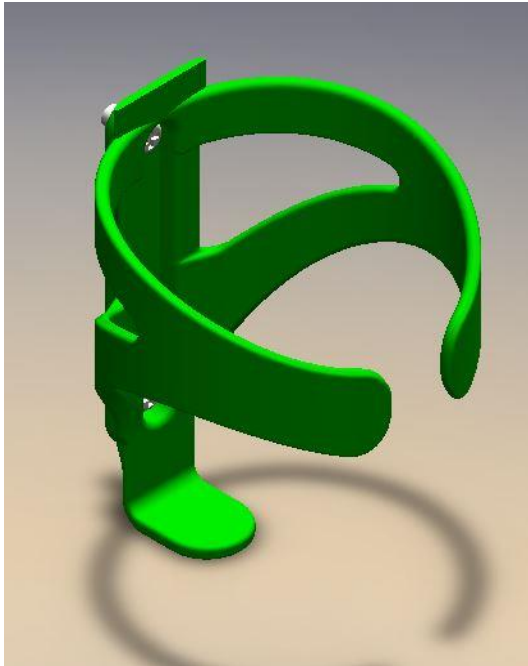


Fig. 9.76. Suport cantimplora

Aquest element va situat al quadre mitjançant uns cargols fixats o bé al quadre vertical o bé al quadre inferior o fins i tot als dos alhora, ja que d'aquesta manera no és necessari parar per reomplir les cantimplores durant les llargues rutes. S'ha triat un suport de la marca BT-Win.

Característica	Valor
Material	Poliamida
Pes	90 g
Preu	4,95 €

Fig. 9.77. Característiques del suport de la cantimplora

## 9.3. Components elèctrics

A continuació es comentaran els components elèctrics però sense entrar en un anàlisi extens degut a què la part elèctrica del projecte no està dins de l'abast d'aquest treball i ha estat desenvolupa per l'encarregat del disseny elèctric.

### 9.3.1. Motor

Les bicicletes elèctriques estan propulsades, a més de per la potència que li aporta la persona a través dels pedals, per un motor elèctric. Existeixen motors amb i sense escombretes, sent els que no en tenen els que estan més estesos en l'entorn de les bicicletes elèctriques ja que tenen més eficiència, requereixen menys manteniment, aporten més potència amb la mateixa mida, tenen menor pes i presenten una relació parell-velocitat quasi constant.

Existeixen principalment dos tipus de motors:

- **Motor al pedalier** que s'integra dins el sistema de transmissió amb l'avantatge de ser lleuger, precís i requereix poc manteniment, però amb els grans inconvenients que presenta gran dificultat per ser reparat i perd potència per fricció dels components.



Fig. 9.78. Motor a l'eix pedalier

- Motor a l'eix de la roda, anomenat **motor hub**. És el més comú ja que és molt més senzill, fàcil de reparar i més barat, tot i que té més pes. Aquest motor pot anar situat tant a la roda del davant com a la del darrere.

S'ha decidit triar un motor tipus hub ja que s'adapta molt millor a les característiques del cicloturisme, sobretot per la senzillesa a l'hora de mantenir-lo i reparar-lo però també per les bones prestacions mecàniques que aporta per superar les exigències que es puguin presentar durant la ruta.



[Fig. 9.79.](#) Motor hub

D'aquesta manera el motor seleccionat és el model HBM-011R de la marca Leaf Motors ja que s'adapta a les característiques de mida de la roda de 26" i 1,95" amb 36 radis, a les necessitats mecàniques per al cicloturisme (com la potència que aporta) i compleix la normativa vigent fixada per a les bicicletes elèctriques.

Característica	Valor
Potència	250 W
Voltatge	36 V
Tipus	<i>Brushless</i>
Pes	2830 g
Preu	101,4 €

[Fig. 9.80.](#) Característiques del motor

### 9.3.2. Bateria

La bateria és el component elèctric que s'encarrega de l'emmagatzematge de l'energia que s'utilitzarà per alimentar el motor i l'autonomia de la bicicleta dependrà de les seues

característiques.

Hi ha diversos tipus de bateries depenent de la seua composició interna com les de plom amb àcid, de níquel i hidrur metàl·lic, etc. però les que s'utilitzen actualment pràcticament en totes les aplicacions són les d'ió liti. Aquestes tenen avantatges respecte a la resta com el pes reduït, volum menor, no tenen efecte memòria i la descàrrega és lineal, tot i que el seu preu és major és d'aquest tipus les que s'han seleccionat per totes es avantatges esmentats abans.

$$A = V \cdot C \cdot v / P \quad (\text{Ec. 9.2})$$

Analitzant el seu ús per a les bicicletes elèctriques la característica més important a optimitzar és l'autonomia, és a dir, quants quilòmetres pot estar en funcionament el sistema elèctric. Aquest aspecte es calcula relacionant la capacitat de la bateria, amb el voltatge, la velocitat de la bicicleta i la potència desenvolupada pel motor.

On A és l'autonomia, V el voltatge en volts, C la capacitat de la bateria en A·h, v la velocitat de la bicicleta en km/h i P la potència del motor en W. Per tant, a tall d'exemple, prenent un voltatge de 36 V, una capacitat de 11 A·h i anant a una velocitat de 25 km/h amb un motor de 250 W (aspectes que marca la normativa) obtenim una autonomia de 36 km. Aquest valor es podria pensar que és molt insuficient comparant-ho amb les llargues rutes realitzades en el cicloturisme, però aquesta autonomia es compta tenint en compte que és el motor el que fa tot l'esforç, sense que el ciclista aporte potència, cosa que no es dona ja que aquest disseny contempla que la part elèctrica sigui un suport i no única font de potència (a més que aniria en contra de la normativa i convertiria la bicicleta en ciclomotor).

Factors importants que afecten a l'autonomia són el pes del conductor, els desnivells en el terreny, arrancades i parades repetides del motor, i en última instància la vida de la bateria també afecta a la seua durada.

Per decidir els paràmetres tècnics de la bateria s'ha tingut en compte la tensió del motor, de 36 V. Per a la capacitat requerida, que en aquest cas s'ha optat per un valor estàndard, sabent que com més capacitat més augmenta el preu i sobretot el pes i calculant-ne l'autonomia se'n tria una de 9,6 A·h i obtenim una autonomia de 34,6 km.



[Fig. 9.81.](#) Bateria

Per altra banda, les característiques geomètriques depenen de la posició on es vulgue situar. Les dues opcions considerades són al portaequipatges posterior o bé en un suport al quadre vertical o a l'inferior. Com que en el cicloturisme es porten cantimplors als suports del quadre s'ha triat la primera opció.

Característica	Valor
Capacitat	9,6 A·h
Tensió	36 V
Energia	350 W·h
Pes	2873 g
Preu	328,12 €

[Fig. 9.82.](#) Característiques de la bateria

La bateria compta amb un carregador 5A Fast de la marca Conishmotor amb les següents característiques:

Característica	Valor
Voltatge	42 V
Pes	500 g
Preu	54,05 €

[Fig. 9.83.](#) Característiques del carregador

### 9.3.3. Visualitzador

Els visualitzador (display en anglès) és un dispositiu electrònic que permet mostrar informació a l'usuari. En aquest cas aquest element serveix per configurar i controlar i interacció amb la part elèctrica de la bicicleta.



[Fig. 9.84.](#) Visualitzador

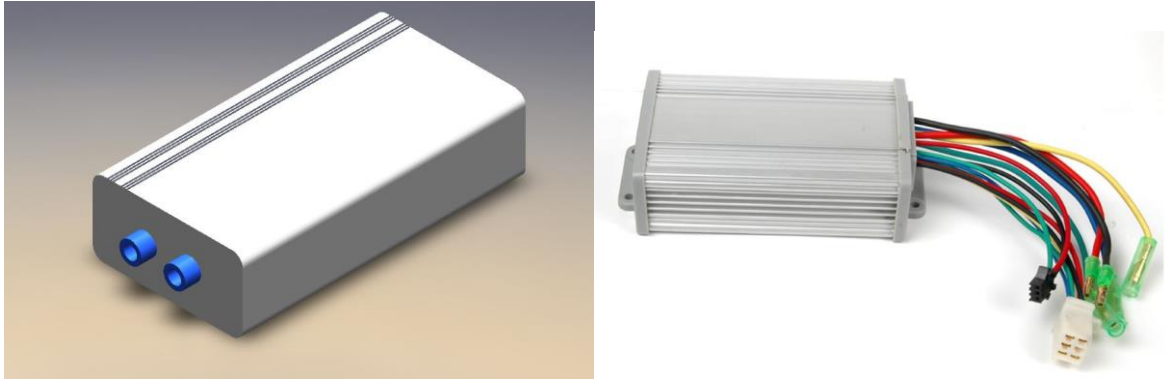
Aquest component està situat al manillar està compost per una pantalla LCD que mostra la informació i uns botons que envien senyals al controlador en funció de les decisions de pujar o baixar el mode de conducció del ciclista. És de la marca Conhismotor, model 5-speed.

Característica	Valor
Voltatge	36 V
Pes	80 g
Preu	41,3 €

[Fig. 9.85.](#) Característiques del visualitzador

### 9.3.4. Controlador

El controlador és el dispositiu que conté el programa que interacciona amb els perifèrics: motor i bateries.



[Fig. 9.86\\_](#)Controlador

En el cas de l'aplicació de la bicicleta de ciclisme està programat de forma que, en funció de l'opció triada pel ciclista a través del visualitzador, se selecciona un mode de conducció o un altre que aporta una consigna al motor i en defineix el funcionament en cada instant.

Característica	Valor
Tensió	36 V
Potència	250 W
Pes	280 g
Preu	32,1 €

[Fig. 9.87\\_](#)Característiques del controlador

### 9.3.5. Sensor de parell

És el component que s'utilitza per mesurar la força sobre els pedals que el ciclista transmet a la bicicleta gràcies a unes galgues extensiomètriques. Aquestes galgues mesuren la deformació del pedalier, varien la resistència i varien la tensió del senyal de que s'envia al controlador. Aquesta variació es fa a través d'un pont de Wheatstone.



**Fig. 9.88.** Sensor de parell

Respecte als sensors de PAS tenen avantatges com que mesuren directament el parell sobre el pedal i que no s'activa el motor quan s'exerceix força. El model triat és un ISIS Splined de la marca NCTE.

Característica	Valor
<b>Pes</b>	430 g
<b>Preu</b>	220 €

**Fig. 9.89.** Característiques del sensor de parell

### 9.3.6. Accessoris

Hi ha algun component que forma part del disseny de la bicicleta i que no forma part del disseny mecànic i què, probablement pot incloure's dins de la secció dels elèctrics. Aquest és el cas de les llums i els reflectants.

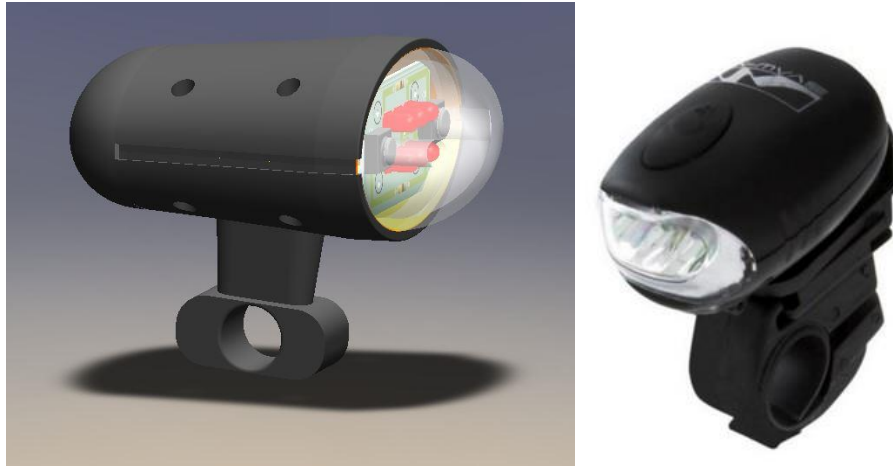
#### Llum frontal

La llum és un complement molt útil situat a la part frontal de la bicicleta i serveix per il·luminar el camí en situacions de poca visibilitat o foscor, cosa habitual degut a que les rutes més llargues poden arribar a fer-se de nit en algun dels seus trams.

Aquesta llum no anirà connectada al sistema elèctric (a la bateria, bàsicament) per evitar dificultats i inconvenient de transformació de voltatge, ja que aquest components acostumen a funcionar a uns 5 V i és més pràctic que s'accionen amb piles o bateries



independents, per exemple. A més, també és important garantir que, tot i que la bateria s'hagi acabat degut al seu ús alimentant el motor es pugui tindre llum per no perdre visibilitat.



[Fig. 9.90.](#) Llum davantera

Tenint en compte aquestes consideracions s'ha optat per seleccionar una llum LED que carrega la seua bateria girant una dinamo accionada amb la mà, fent-la independent de la bateria o les piles. El model triat és un M-Wave 3 LED hand dynamo i està incorporada a la part frontal del portaequipatge davanter, enfocant el lloc de pas de la bicicleta.

Característica	Valor
LEDs	3
Pes	150 g
Preu	18,6 €

[Fig. 9.91.](#) Característiques de la llum davantera

### Llum posterior

A la part del darrere de la bicicleta acostuma a anar-hi instal·lada una llum de posició que permet veure la bicicleta des de certa distància en situació de poca il·luminació i fa funció bàsicament de seguretat.



Fig. 9.92. Llum posterior

En el cas d'aquest disseny s'ha triat una llum, de color roig, amb 5 LEDs (un de més potent i la resta de complement) i amb reflectant conegut com *cateye* (ull de gat) i alimentat per piles, de la marca CATEYE.

Característica	Valor
LEDs	5
Pes	45,3 g
Preu	18,45 €

Fig. 9.93. Característiques de la llum posterior

## 9.4. Resum de components

### COMPONENTS MECÀNICS

Component	Material	Pes	Marca	Model	Detalls	Unitats	Preu Unitari
Forquilla	Acer	0,799 kg	B'twin			1	14,95 €
Potència	Alumini 6061	0,178 kg	Brooks			1	16,49 €
Manillar	Alumini 6062	0,300 kg	FSA Omega Compacte			1	31,50 €
Coberta	Cautxú	2x 0,320 kg	Geax Easy Rider	26x1,95		2	11,95 €
Llantes	Alumini	2x 0,835 kg	Cyber 20		36 radis. Llanta doble	2	23,99 €
Plats, bieles i pedalier	Acer Lacat	1,009 kg	Shimano	Doere Hollowtech II Chainset	175mm. 42/32/22	1	47,99 €
Pinyons	Acer / Alumini	0,212 kg	Shimano	TZ20 14/28	28/24/21/18/16	1	9,95 €
Desviador posterior	Acer / Alumini	0,286 kg	Shimano	RD-tz 31		1	13,99 €
Desviador davanter	Acer / Alumini	0,103 kg	Shimano	Sora 3500		1	27,99 €
Cadena	Acer	0.275 kg	Shimano	Doere	Repelent al fang	1	12,50 €
Pedals	Alumini	2x 0,360 kg	B'twin	300		2	5,00 €
Frens		2x 0,360 kg	B'twin		V-brake	2	15,95 €
Maneta esquerra		0,363 kg	Shimano	Sora	3s	1	49,95 €
Maneta dreta		0,363 kg	Shimano	Sora	3s	1	59,95 €
Selló	Cuir	0,525 kg	Brooks	B17		1	79 €
Tija selló	Alumini	0,310 kg	Brooks	B18		1	9,75 €
Abraçadora tija	Alumini	0,032 kg	Pro			1	4 €
Portaequipatges davanter	Acer	1 kg	Blackstar		suporta 25 kg	1	59 €
Portaequipatges posterior	Acer	1,1 kg	Heavy duty			1	95,04 €
Suport cantimplora	Poliamida	0,090 kg	B'twin			1	4,95 €

### COMPONENTS ELÈCTRICS

Component	Material	Pes	Marca	Model	Detalls	Unitats	Preu Unitari
Llum davantera		0,150 kg	M-Wave	3LED	Dinamo	1	18,60 €
Llum posterior		0,0435 kg	Cateye	5 LED	Reflectant	1	18,45 €
Bateria		2,873				1	328,12 €
Cel·les bateria		1,38	Panasonic	NCR18650B		30	140,70 €
Bms bateria		0,2	0			1	23,82 €
Espaiadors bateria		0,12				60	3,60 €
Carcassa bateria	PLA	1,173				1	160,00 €
Motor		2,85	Leaf Motors	HBM-011R	Rear	1	105,43 €
Controlador		0,28	Conishmotor	5speed		1	32,10 €
Arduino		0,05	Genuino	Micro		1	21,78 €
Sensor de par		0,43kg	NCTE	ISIS Splined		1	220,00 €
Carregador		0,5 kg	Conishmotor	5A Fast		1	54,05 €
Display		0,08	Conishmotor	5speed		1	41,23 €

## 10. Pressupost

		Dedicació	Preu [€/h]		Cost [€]		
Enginyeria mecànica							
	Disseny conceptual	40	50	2.000,00 €			
	Cerca d'informació	40	25	1.000,00 €			
	Disseny CAD	120	25	3.000,00 €			
	FEM	40	50	2.000,00 €			
	Memòria	60	20	1.200,00 €			
Total	300		9.200,00 €				
		Dedicació	Preu [€/h]		Cost [€]		
Enginyeria elèctrica							
	Disseny conceptual	30	50	1.500,00 €			
	Cerca d'informació	30	25	750,00 €			
	Disseny CAD	15	25	375,00 €			
	Programmació Software	150	50	7.500,00 €			
	Memòria	75	20	1.500,00 €			
Total	300		11.625,00 €				
		Llicència	Subscripció anual	Hores anuals [h]	Preu hora [€/h]	Dedicació [h]	Cost
Llicència de software							
	FEM: Ansys Workbench	13.887,40	-	1500	9,26	40	370,33 €
	Ansys Structural Solver	€					
	CAD: SolidWorks	3.647,44	1.182,34 €	1500	3,22	120	386,38 €
		€					
	Microsoft Office 2013	74,99 €	-	1500	0,05	60	3,00 €
Total	759,71 €						
		Cost component		Cost subpart	Cost part		
Costos del prototip							
	Quadre						417,19 €
	Material	267,19 €					
	Soldadura	150,00 €					
	Bateries						353,12 €
	30 Cel·les	4,90 €					140,70 €
	60 Espaiadors	0,06 €					3,60 €
	BMS	23,82 €					23,82 €
	Soldadura	25,00 €					25,00 €
	Carcassa	160,00 €					160,00 €
	Components						1.615,41 €

	<b>Mecànics</b>	<b>603,79 €</b>
	Forquilla	14,95 €
	Potència	16,49 €
	Manillar	31,50 €
	Coberta	11,95 €
	Llantes	23,99 €
	Plats, bieles	47,99 €
	Pinyons	9,95 €
	Desviador posterior	13,99 €
	Desviador davanter	27,99 €
	Cadena	12,50 €
	Pedals	9,95 €
	Frens	15,95 €
	Maneta esquerra	49,95 €
	Maneta dreta	59,95 €
	Selló	79,00 €
	Tija selló	9,75 €
	Abraçadora tija	4,00 €
	Portaequipatges davanter	59,00 €
	Portaequipatges posterior	95,04 €
	Suport cantimplora	9,90 €
	<b>Elèctric</b>	<b>864,76 €</b>
	Motor	105,43 €
	Bateria	353,12 €
	Sensor de parell	220,00 €
	Controlador	32,10 €
	Arduino	21,78 €
	Display	41,23 €
	Carregador	54,05 €
	Llum davantera	18,60 €
	Llum posterior	18,45 €
	<b>Cargoleria i cablejat</b>	<b>146,86 €</b>
<b>Total</b>		<b>2.385,72 €</b>
	<b>Marge de benefici (30%)</b>	<b>7.191,16 €</b>
	<b>COST FINAL</b>	<b>31.161,55 €</b>

# 11. Impacte ambiental

## 11.1.Introducció

L'estudi d'impacte ambiental és el document en el que queda recollida l'avaluació d'impacte ambiental, que al seu torn és el procés d'identificar, avaluar i mitigar els efectes rellevants d'ordre biofísic o social de projectes o activitats abans de prendre les decisions.

L'impacte ambiental no té perquè ser negatiu, tot i que a vegades pot confondre's no és sinònim de contaminació , ja que un projecte pot causar impacte ambiental negatiu sense contaminar.

En un cas com és el del present treball, un projecte de disseny d'un producte, s'han de tindre en compte els possibles efectes ambientals a totes les fases del projecte:

- Avantprojecte: Determinar les millors alternatives tecnològiques que el fan viable.
- Redacció del projecte: Concretar els punts conflictius i proposar mesures preventives
- Construcció: Destacar aspectes crítics que afecten al medi ambient relacionats amb la construcció.
- Explotació: Analitzar els consums, el manteniment, i el funcionament de l'activitat.
- Desmantellament: Mesures preventives que minimitzen els impactes en fase de desmantellament en acabar la vida útil.

Com que a l'abast del projecte no es contempla només la fase de disseny i no la de desenvolupament del producte, no s'estudia les implicacions de la producció i la venda d'aquest (fase d'explotació comercial). Així que es tenen en compte la fase de disseny, construcció del prototip i ús del prototip.

## **11.2.Descripció del medi**

Per poder estudiar de quina manera s'alterarà el medi s'ha de conèixer la situació actual d'aquest, i per posteriorment adaptar les mesures preventives i correctives necessàries. En aquest punt es poden tindre en compte la situació geogràfica, la fauna, la flora, el medi socioeconòmic de la zona, etc.

### **11.2.1. Flora i fauna**

El cicloturisme és una pràctica esportiva que es desenvolupa generalment per pistes forestals o camins de terra.

### **11.2.2. Situació geogràfica**

La situació geogràfica de la pràctica pot ser qualsevol lloc, com s'ha considerat durant tot el treball.

## **11.3.Descripció de l'activitat**

L'activitat pot ser descrita des de dos punts de vista: el del cicloturisme i el de la construcció del quadre.

En el cas del cicloturisme només causa impacte a l'entorn degut a la seua presència, mentre que la fabricació ho fa per les matèries primeres, que és l'acer.

## **11.4.Identificació dels impactes**

### **11.4.1. Sobre el medi biològic**

- Pèrdua de la cobertura vegetal i disminuint-ne el creixement.
- Afavoriment del desplaçament, compactació i erosió del sòl.
- Pertorbació dels hàbitats de la fauna.

#### 11.4.2. Sobre el medi físic

- Generació de residus resultants de la confecció del quadre.
- Consum elevat d'electricitat per la soldadura.
- Emissions de CO<sub>2</sub> en la generació de l'energia emmagatzemada a la bateria.
- Emissions de CO<sub>2</sub> pel transport en l'adquisició dels components.
- Generació de residus derivats dels recanvis dels components.
- Generació de residus derivats del desmantellament final de la bicicleta.
- Reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> en cas de substituir el transport a motor per la bicicleta.
- Consum d'electricitat i paper durant la fase de disseny.

#### 11.4.3. Sobre el medi socioeconòmic

- Augment de l'activitat comercial (serveis i venda de productes) relacionada amb el cicloturisme.
- Augment de llocs de treball per la construcció del quadre.
- Afectacions a activitats humanes com excursionisme, boletaires, etc.

### 11.5. Valoració i mesures correctores dels impactes

Una vegada identificats els possibles impactes que podria causar el desenvolupament d'aquest projecte, s'avaluen per separat les fases: disseny i construcció per una banda i ús o explotació per l'altra. Es definiran les actuacions a dur a terme per a reduir en la mesura del possible l'impacte de cadascuna, en el cas que sigui negatiu.

#### 11.5.1. Disseny i construcció

- ☒ El **consum d'electricitat i paper** durant la fase de disseny es corregeix treballant amb llum natural i no imprimint fases preliminars del treball.



- ☒ La **generació de residus** durant la confecció del quadre bé donada per les restes d'acer resultants de l'adaptació de la forma a les necessitats del quadre. La mesura correctora és optimitzar el mecanitzat i reciclar-ne les sobres.
- ☑ L'**augment de llocs de treball** per la construcció del quadre té impacte positiu, per tant no necessita mesures correctores. Però pot augmentar-lo a l'entorn socioeconòmic si aquesta construcció es contracta a un taller de proximitat.
- ☒ **Consum elevat d'electricitat** per la soldadura és difícil de disminuir i, indirectament, genera emissions de CO<sub>2</sub>. Però pot reduir-se si s'assegura que l'energia produïda ve de fonts renovables, com és el cas de la comercialitzadora elèctrica Som Energia.

### 11.5.2. Ús

- ☒ **Pèrdua de la cobertura vegetal, el desplaçament, compactació i erosió del sòl, i les interferències a boletaires i excursionistes** es redueixen fent ús de vies habilitades com camins i vies verdes.
- ☒ **Pertorbar els hàbitats de la fauna** pot corregir-se en certa mesura realitzant les rutes durant el dia i no a la nit.
- ☒ **Les emissions de CO<sub>2</sub> en la generació de l'energia emmagatzemada a la bateria** es redueix l'impacte mitjançant la inversió en energies renovables, com s'ha comentat en el cas de la soldadura.
- ☒ **Les emissions de CO<sub>2</sub> pel transport en l'adquisició dels components** pot corregir-se adquirint-los en comerç de proximitat.
- ☒ **La generació de residus derivats dels recanvis dels components i del desmantellament** final de la bicicleta provoca un gran impacte sobretot degut als aparells electrònics (sobretot bateries i motor). Pot corregir-se mitjançant el correcte dipòsit i reciclatge de totes les parts a les deixalleries o plantes corresponents. El desmantellament està afavorit per la unió amb cargoleria de la majoria de components.
- ☑ L'**augment de l'activitat comercial** és un impacte positiu, així que com més

n'augmente l'ús més gran serà l'impacte econòmic.

- ☒ La **disminució de l'ús de transport contaminant** també és un impacte positiu, que augmenta prenent la bicicleta elèctrica com a substitut dels altres transports.

## 11.6.Conclusions

Una vegada realitzat l'estudi d'impacte ambiental i amb les posteriors mesures correctores es pot afirmar que el projecte de disseny de la bicicleta i el posterior ús d'aquesta genera un impacte negatiu molt petit en l'entorn, a més de generar impacte positiu en aspectes socials, econòmics i ambientals.

D'acord amb això aquest projecte compleix els requisits per poder ser reconegut amb la ISO 14001 que garanteix la implantació d'un sistema de gestió ambiental eficaç.

## 12. Normativa

Les bicicletes elèctriques estan subjectes a diverses normatives i tenen el seu ús i composició acotats, tant pel fet de ser bicicletes com pel de ser-ho elèctriques.

Normatives que afecten al prototip dissenyat en aquest treball són les següents:

La **Directiva 2002/24/CE** relativa a l'homologació de vehicles de dues o tres rodes estableix la limitació d'una potència nominal contínua màxima de 0,25 kW, una velocitat màxima assistida de 25 km/h i un pes màxim de 400 kg. Diferencia entre si el motor pot propulsar sense necessitat de pedalar (ciclomotor) o si no ho fa (bicicleta elèctrica).

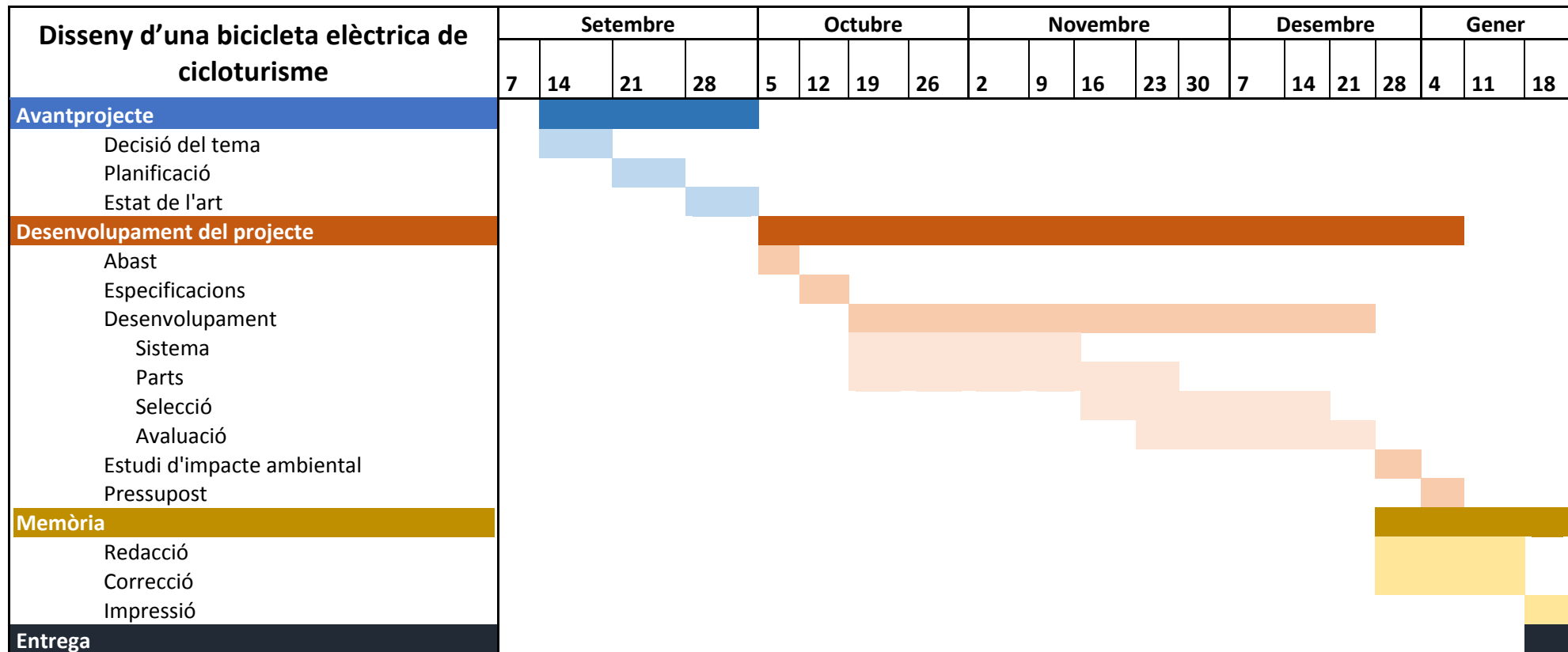
La norma **ISO 4210:1996** relativa a la seguretat i requeriments per a bicicletes especifica els requisits de seguretat i funcionament per al disseny, muntatge i es proves de seguretat per a bicicletes.

El **Reial Decret 1204/1999** en el que es dicten les normes sobre l'homologació de tot tipus de vehicles automòbils, remolcs, etc.

El **Reial Decret 1357/1998** en el que es regula la ITV.

## 13. Planificació

Abans de començar el projecte es va fer aquesta planificació per marcar el ritme de treball durant el quadrimestre.



Una vegada finalitzat el treball es valora satisfactòriament en termes generals el compliment d'aquest, excepte que la part de desenvolupament s'ha allargat fins ben entrat el mes de gener, cosa que ha comportat que la part de memòria quedés més ajustada.

## Conclusions

Les conclusions del treball es poden classificar en tres tipus: les que fan referència als objectius marcats, les que ho fan a les especificacions i les relacionades amb altres aspectes del desenvolupament del treball:

### Objectius

S'han acomplert tots els objectius marcats a l'inici del treball.

- ☒ S'ha assolit l'objectiu de dimensionar un quadre d'acord amb les característiques antropomètriques de l'autor del treball.
- ☒ S'ha definit la composició i mètodes de fabricació del quadre.
- ☒ S'ha avaluat el disseny realitzat i s'ha corroborat la validesa del prototip en termes mecànics.
- ☒ S'ha aconseguit seleccionar justificadament tots els components necessaris que conformen la bicicleta.

### Especificacions

El disseny realitzat s'adapta a les especificacions definides.

- ☒ La bicicleta té una autonomia elèctrica de 34,6 km
- ☒ La velocitat i la potència són les especificades per les normatives
- ☒ El prototip té un preu final de 2416,25 €, dins del rang determinat.
- ☒ El pes total és de 22,42 kg, dins del rang determinat.
- ☒ Incorpora els components i amb les característiques que es fixen a les especificacions.

### Altres aspectes del desenvolupament del treball

Al llarg del període durant el qual s'ha fet el treball hi algunes consideracions que val la

pena comentar en aquest apartat.

- La versió d'estudiant del programari *Ansys Workbench* té limitacions en el nombre d'elements del mallat i no ha estat suficient per a realitzar-lo en el l'estudi per elements finits del quadre.
- La versió d'estudiant del programari *SolidWorks* presenta limitacions per representar gràficament el cablejat que hauria d'incorporar el disseny gràfic del prototip.
- Hi ha hagut problemes de comptabilitats en algunes fases prèvies del disseny i l'anàlisi per importar el disseny en *SolidWorks* a l'*Ansys Workbench*.
- Durant tot el projecte s'han pogut aplicar conceptes i habilitats adquirides durant els anys del Grau en Enginyeria de Tecnologies Industrials, a part de desenvolupar l'autoaprenentatge.
- Les hores dedicades finalment al realitzar el treball són moltes més que les 300 que es calculen a partir dels 12 ECTS de l'assignatura.

## Agraïments

Una vegada arribat aquest punt, amb el treball acabat, és l'hora de fer una menció a les persones que m'han acompanyat durant tot aquest llarg treball, que en són moltes, però n'hi ha algunes que hi tenen un paper més important.

Al tutor del treball, Emilio, per guiar-me i donar-me les eines que m'han permès desenvolupar aquest treball i per transmetre'm la motivació necessària per fer-ho.

A David, el company de treball. Però només d'aquest, sinó de tants i tants treballs, exàmens, moments, etc. al llarg d'aquests més de quatre anys dins del món de l'enginyeria industrial.

A Jur, per estar al meu costat i aguantar-me durant els moments complicats dels últims mesos.

I sobretot a la meua família, que han estat el suport imprescindible al llarg de tota la carrera i, com no podia ser d'una altra manera, també durant aquests últims mesos de treball de final de grau.

## Bibliografia

- [1] ACHIM SCHMIDT, *Cycling the right way. Sistematically*. 2014
- [2] REYNOLDS TECHNOLOGY LTD. *Steel tube materials and process*. Novembre 2013
- [3] ASM AEROSPACE SPECIFICATION METALS INC., *Materials Technical Data*. 2014
- [4] SCHWENDE. *Flyer. Prices and specifications*, 2015.
- [5] GABINET TÈCNIC DEL DPTOP. *Pla estratègic de la bicicleta a Catalunya 2008-2012*. Novembre 2009.
- [6] ANSYS, INC. *Ansys workbench*. 2016.
- [7] SOLIDWORKS COROPRATION, SolidWorks, 2016.
- [8] [www.grabcad.com](http://www.grabcad.com)

## Bibliografia complementària

A continuació s'indica els llocs webs d'on s'han obtingut les figures que no són pròpies del document.

- [1] Fig. 3.1 Bicicleta de Bon Borden. [www.ibike.org](http://www.ibike.org)
- [2] Fig. 3.2 Bicicleta d'Hercules Electra. [www.electricbike.com](http://www.electricbike.com)
- [3] Fig. 3.3 Thomas Stevens i Annie Londonderry i les seues bicicletes. [www.conalforjas.com](http://www.conalforjas.com)
- [4] Fig. 6.8 Parts del quadre. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [5] Fig. 6.9 Paràmetres geomètrics del quadre. [www.kogausa.com](http://www.kogausa.com)
- [6] Fig. 6.10 Angle de la potència. [www.ciclismoafondo.com](http://www.ciclismoafondo.com)
- [7] Fig. 6.11 Mesures del ciclista. [www.murrayguarl.com](http://www.murrayguarl.com)



- [8] Fig. 8.23 Esquema de l'extrusió en fred. [www.johngulo.files.wordpress.com](http://www.johngulo.files.wordpress.com)
- [9] Fig. 8.24 Secció d'un tub conifcat. STEEL TUBE MATERIALS AND PROCESS. Reynolds Technology LTD. Novembre 2013
- [10] Fig. 8.25 Extrusió d'un tub conifcat. STEEL TUBE MATERIALS AND PROCESS. Reynolds Technology LTD. Novembre 2013
- [11] Fig. 8.30 Límit elàstic de la soldadura. STEEL TUBE MATERIALS AND PROCESS. Reynolds Technology LTD. Novembre 2013
- [12] Fig. 9.44 Forquilla [www.fixiedreams.com](http://www.fixiedreams.com)
- [13] Fig. 9.46 Potència [www.probikeshop.es](http://www.probikeshop.es)
- [14] Fig. 9.48 Manillar [www.wiggle.es](http://www.wiggle.es)
- [15] Fig. 9.50 Roda davantera [www.cicloscorredor.com](http://www.cicloscorredor.com)
- [16] Fig. 9.52 Llanta de paret simple i doble paret [www.enbicicleta.com](http://www.enbicicleta.com)
- [17] Fig. 9.54 Plats, bieles i pedalier [www.bikester.es](http://www.bikester.es)
- [18] Fig. 9.56 Pinyons [www.kingbarcelona.com](http://www.kingbarcelona.com)
- [19] Fig. 9.58 Desviador davanter [www.chainreactioncycles.com](http://www.chainreactioncycles.com)
- [20] Desviador posterior [www.roxbike.com](http://www.roxbike.com)
- [21] Fig. 9.62 Cadena [www.deporvillage.com](http://www.deporvillage.com)
- [22] Fig. 9.63 Pedals [www.decathlon.co.uk](http://www.decathlon.co.uk)
- [23] Fig. 9.65 Pedals [www.decathlon.es](http://www.decathlon.es)
- [24] Fig. 9.67 Manetes de canvi i fre [www.decathlon.es](http://www.decathlon.es)
- [25] Fig. 9.69 Selló i tija [www.biciclasica.com](http://www.biciclasica.com)
- [26] Fig. 9.71 Abraçadora tija [www.deporvillage.com](http://www.deporvillage.com)

- [27] Fig. 9.73 Portaequipatges [www.blackstarbikes.nl](http://www.blackstarbikes.nl)
- [28] Fig. 9.75 Portaequipatges posterior [www.noconstant.es](http://www.noconstant.es)
- [29] Fig. 9.77 Suport cantimplora [www.decathlon.es](http://www.decathlon.es)
- [30] Fig. 9.79 Motor eix pedalier [www.l.lmgur.com](http://www.l.lmgur.com)
- [31] Fig. 9.80 Motor hub [www.leafmotor.com](http://www.leafmotor.com)
- [32] Fig. 9.80 Bateria [www.biciclick.es](http://www.biciclick.es)
- [33] Fig. 9.84 Visualitzador [www.conhismotor.com](http://www.conhismotor.com)
- [34] Fig. 9.87 Controlador [www.electricbike.com](http://www.electricbike.com)
- [35] Fig. 9.89 Sensor de parell [www.ncte.com](http://www.ncte.com)
- [36] Fig. 9.91 Llum davantera [www.bikes2udirect.com](http://www.bikes2udirect.com)
- [37] Fig. 9.93 Llum posterior [www.chcycles.com](http://www.chcycles.com)